

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Факультет інформатики та обчислювальної техніки

Кафедра технічної кібернетики

«На правах рукопису»
УДК 004.43

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри
_____ І.Р. Пархомей
(підпис)

“ _____ ” _____ 2019 р.

Магістерська дисертація

на здобуття ступеня магістра

зі спеціальності 126 «Інформаційні системи та технології»

на тему: Підсистема визначення оптимальної швидкості руху
роботизованої

платформи по заданому маршруту

Виконав: студент другого курсу, групи ІК-82мп
(шифр групи)

Ніконов Олександр Ігорович

(прізвище, ім'я, по батькові)

(підпис)

Науковий
керівник

старший викладач, ст. викл. Анікін В. К.

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

(підпис)

Консультант

_____ (назва розділу)

_____ (науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

(підпис)

Рецензент

_____ (посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

(підпис)

Засвідчую, що у цій магістерській
дисертації немає запозичень з праць
інших авторів без відповідних
посилань.

Студент _____
(підпис)

Київ – 2019 року

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Факультет інформатики та обчислювальної техніки

Кафедра технічної кібернетики

Рівень вищої освіти – другий (магістерський)

Спеціальність 126 «Інформаційні системи та технології»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ І.Р. Пархомей

(підпис)

« ____ » _____ 2019 р.

ЗАВДАННЯ

на магістерську дисертацію студенту

Ніконову Олександрю Ігоровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема дисертації «Підсистема визначення оптимальної швидкості руху роботизованої платформи по заданому маршруту»,

науковий керівник дисертації _____ старший викладач Анікін В. К. ,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від « 28 » жовтня 2019 р. № 3770-с

2. Термін подання студентом дисертації _____

3. Об'єкт дослідження система автоматичного керування рухом РП по заданому маршруту

4. Предмет дослідження алгоритми визначення оптимальної швидкості руху по заданому маршруту

5. Перелік завдань, які потрібно розробити аналіз існуючих методів проходження маршруту; розробити власну методику проходження маршруту; створити блок-схеми алгоритмів системи автоматичного керування РП для проходження маршруту; розробити відповідний програмний код підсистеми автоматичного керування РП на базі Arduino

6. Орієнтовний перелік ілюстративного матеріалу – шість плакатів

7. Орієнтовний перелік публікацій 1. Ніконов О. І., Крилов Є. В., Анікін В. К. Методи проходження маршруту роботизованою платформою // Materials of the XV International Scientific and Practical Conference, November 15 – 22, 2019. 2 публікація.

8. Консультанти розділів дисертації

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
НК	Пасько В.П., доцент		
Перевірка на співпадіння	Лісовиченко О.І., доцент		

9. Дата видачі завдання _____

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Аналіз предметної області та постановка задачі	03.09.2019р.	
2	Аналіз існуючих методів проходження маршруту	10.09.2019р.	
3	Аналіз системи на основі існуючого метода	17.09.2019р.	
4	Розробка нової методики	28.09.2019р.	
5	Створення блок-схем алгоритмів	15.10.2019р.	
6	Розроблення відповідного програмного коду	24.10.2019р.	
7	Оформлення пояснювальної записки	01.11.2019р.	
8	Висновки	15.11.2019р.	

Студент

(підпис)

Ніконов О. І.
(ініціали, прізвище)

Науковий керівник дисертації

(підпис)

Анікін В. К.
(ініціали, прізвище)

АНОТАЦІЯ

Ціль магістерської дисертації у створенні системи автоматичного керування роботизованою платформою для проходження маршруту, оскільки в наш час транспортування є досить важливим. Особливо, якщо транспортування автоматичне.

В даній магістерській дисертації будуть розглянуті методи проходження маршруту, створена власна методика для проходження та створена система на базі нової методики. Будуть розроблені алгоритми для визначення поведінки на різних ділянках маршруту та написаний відповідний програмний код. Написана система буде за допомогою мови програмування Arduino, що дуже схожа на C.

Ця дипломна магістерська дисертація складається з 79 сторінок, 6 плакатів та 6 посилань. Пояснювальна записка містить 47 малюнків та 25 таблиць.

Ключові слова : система, метод, модуль, алгоритм, Arduino, маршрут, траса, ділянка, проходження.

ABSTRACT

The target of this master's thesis is to create a system of automatic control of a robotic platform for the passage of the route, since in our time transportation is quite important. Especially if the transportation is automatic.

In this master's thesis the methods of passing the route will be considered, the own methodology for passing and the system based on the new methodology will be created. Algorithms will be developed to determine the behavior of different sections of the route and the corresponding code will be written. The system will be written using an Arduino language that is very similar to C.

This master's thesis consists of 79 pages, 6 posters and 6 links. The explanatory note contains 47 figures and 25 tables.

Keywords: system, method, module, algorithm, Arduino, route, route, section, passage.

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до магістерської дисертації

на тему: *Підсистема визначення оптимальної швидкості руху роботизованої платформи по заданому маршруту*

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ.....	9
ВСТУП.....	10
РОЗДІЛ 1 – ОГЛЯД МЕТОДІВ ПРОХОДЖЕННЯ МАРШРУТУ	11
1.1 Огляд методів проходження маршруту	11
1.2 Системи на основі попередніх методів.....	18
Висновок до розділу	21
РОЗДІЛ 2 – АНАЛІЗ ОПТИМАЛЬНОГО ПРОХОДЖЕННЯ МАРШРУТУ	22
2.1 Визначення оптимальності проходження маршруту	22
2.2 Небезпечні фактори оптимального проходження маршруту	24
2.2.1 Навколишнє середовище та забезпечення безпеки	24
2.2.2 Втрата прохідності.....	26
2.2.3 Втрата курсової стійкості.....	27
2.2.4 Втрата стійкості до перевертання	28
2.2.5 Втрата контролю	31
2.3 Небезпечні фактори для нашого випадку.....	34
Висновок до розділу	37
РОЗДІЛ 3 – ПРОЕКТУВАННЯ МЕТОДИКИ ПРОХОДЖЕННЯ МАРШРУТУ	38
3.1 Ситуації, що можуть призвести до неможливості проходження маршруту.....	38
3.2 Створення нової методики проходження маршруту	41
Висновок до розділу	50
РОЗДІЛ 4 – СИСТЕМА ОПТИМАЛЬНОГО ПРОХОДЖЕННЯ МАРШРУТУ	51
4.1 Апаратна частина.....	51
4.1.1 Роботизована платформа	51
4.1.2 Огляд мови програмування	55
4.1.3 Плата Arduino та плати розширення	57
Висновок до підрозділу	60
4.2 Програмна частина	61
Висновок до підрозділу	64
РОЗДІЛ 5 – РОЗРОБКА СТАРТАП-ПРОЕКТУ.....	65

5.1	Опис ідеї проекту	65
5.2	Технологічний аудит ідеї проекту	66
5.3	Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту	67
5.3.1	Аналіз попиту: наявність попиту, обсяг, динаміка розвитку ринку .	67
5.3.2	Визначення груп потенційних клієнтів	68
5.3.3	Аналіз ринкового середовища	69
5.3.4	Аналіз пропозиції.....	70
5.3.5	Аналіз умов конкуренції в галузі 5 сил М. Портера.....	71
5.3.6	Аналіз сильних та слабких сторін стартап-проекту.....	72
5.3.7	SWOT-аналіз.....	72
5.3.8	Альтернативи ринкової поведінки	74
5.3.9	Висновки до аналізу ринкових можливостей запуску стартап-проекту	74
5.4	Розроблення ринкової стратегії.....	75
5.5	Розробка маркетингової програми стартап-проекту	78
5.6	Економічне обґрунтування розробки.....	80
	Висновки до розділу.....	81
	ВИСНОВКИ.....	83
	ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	84
	ДОДАТКИ.....	85

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

1. РП – роботизована платформа
2. ТЗ – транспортний засіб
3. СК – система керування
4. ПЗ – програмне забезпечення
5. УЗ датчики – ультразвукові датчики
6. IDE – Integrated Development Environment

ВСТУП

Завдяки інтересу людства в роботах та технологічних проривах у робототехніці за останні роки, світ дуже просунувся як у створенні, так і у використанні роботів.

На наш час роботи використовуються на виробництві у багатьох технічних, та не тільки, завданнях, в повсякденному житті, а також для перевезення як речей, так і людей з однієї точки в іншу. Хоча роботи дуже корисні, але вони ні на що не здатні без відповідного програмного забезпечення. Для перевезення роботом в кінцеву точку товарів, необхідно, щоб система керування роботом виконувала досить багато задач :

- Робот має успішно дібратись з початкової точки до кінцевої
- Робот має пройти даний маршрут за найменший можливий час
- Система має правильно збільшувати швидкість на прямих ділянках дороги та зменшувати на поворотах
- Робот не має зіткнутися з деякою перешкодою на шляху до кінцевої точки

Для виконання всіх цих задач необхідно розглянути вплив на робота під час розгону та екстреного гальмування, повороту з великою швидкістю, зіткнення з перешкодою та інше, для того, щоб система вчасно та головне правильно реагувала на різні чинники під час дороги. Для виконання цих вимог необхідно дослідити максимальну можливу швидкість під час повороту та різкої зміни швидкості руху (екстрене гальмування та розгін).

Актуальність даної роботи в системі керування роботом для досягнення оптимальності проходження деякого маршруту. Така система не тільки суттєво зменшить час проходження з початкової точки в кінцеву, але й забезпечить безпеку під час проходження від таких небезпек, як втрата керованості через різку зміну швидкості руху, втрата стійкості до перевертання під час входження у поворот на великій швидкості, зіткнення з будь-якою перешкодою.

РОЗДІЛ 1 – ОГЛЯД МЕТОДІВ ПРОХОДЖЕННЯ МАРШРУТУ

1.1 Огляд методів проходження маршруту

На наш час існують декілька методів проходження маршруту для деякої роботизованої платформи. Всі вони мають свої недоліки та переваги, що робить вибір між ними досить непростим. Зараз спробую описати існуючі методи проходження, проаналізувати їх, а також знайти системи, створені для проходження маршруту роботизованою платформою на основі існуючих методів.

Важливо помітити, що не всі методи, що будуть представлені є оптимальними. Деякі будуть давати слабкі результати, але оскільки завдяки ним можна запрограмувати роботизовану платформу на рух, тоді я має про них уточнити.

Отже, перший метод, що можна виділити з існуючих – це метод проходження за допомогою ультразвукових датчиків. Для початку розглянемо ультразвукові датчики, щоб розуміти, як саме вони можуть допомогти при проходженні маршруту.

Ультразвукові датчики достатньо розповсюджені та використовуються у різних сферах виробництва. Чому вони використовуються? Відповідь досить проста, вони використовуються, оскільки в деякому сенсі є універсальним вирішенням завдань по автоматизації деяких процесів. Ці датчики застосовуються для визначення відстані від датчика до деякого об'єкта і місцезнаходження різних об'єктів.

Ультразвуковий датчик містить у собі так званий п'єзоелектричний перетворювач, який працює і як випромінювач, і як приймач. П'єзоелектричний перетворювач випромінює звукові імпульси у вигляді пакетів, такі імпульси при зіткненні з перешкодою відбиваються та повертаються назад, перетворювач їх приймає та аналізує час, за який імпульси повернулись. За рахунок цієї інформації можна визначити відстань від датчика до перешкоди.

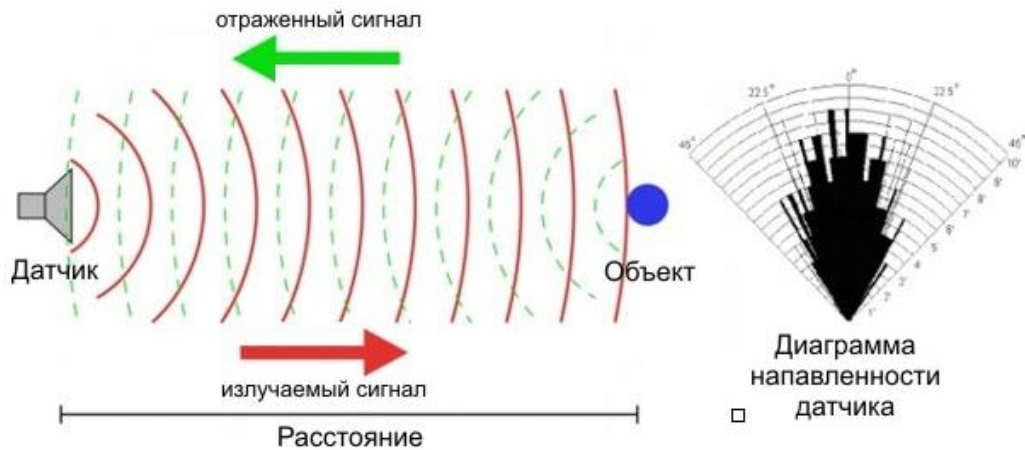


Рисунок 1.1 – Принцип роботи ультразвукового датчика

У ультразвукового датчика є деякий діапазон виявлення перешкод, що зветься активним або робочим. Такий діапазон – це деяка відстань. Якщо уявити коло з центром у вигляді датчика та радіусом, що дорівнює діапазону виявлення, тоді датчик може виявити кожен об'єкт в межах цього кола. Тобто не має значення, відстань до об'єкта стає меншою, чи ні.

Існують три основні режими роботи ультразвукових датчиків: опозитний, дифузійний та рефлекторний.

Опозитний режим визначається розташуванням відразу двох пристроїв – приймача та випромінювача один напроти одного. Якщо деякий об'єкт не дає ультразвуковому імпульсу дістатися від випромінювача до приймача, тобто знаходиться поміж ними, тоді вихід активізується. Опозитний режим зазвичай використовується у тяжких умовах, коли інтерференція стає проблемою та досить важливою є стійкість від неї для роботи. Такий режим коштує досить багато, оскільки для його роботи необхідно встановити відразу два пристрою – випромінювач та приймач.

Другий режим, тобто дифузійний, працює трохи інакше. На відмані від опозитного режиму випромінювач та приймач знаходяться в одному корпусі. Вартість набагато менша, ніж вартість встановлення для опозитного режиму, проте є й недолік – час, необхідний для роботи, значно вищий. Тобто необхідно більше часу для знаходження перешкоди в діапазоні.

Третій режим – рефлекторний. Він досить схожий на дифузійний, оскільки випромінювач та приймач знову знаходяться в одному корпусі, проте ультразвукові хвилі тепер відбиваються від рефлектора. В діапазоні виявлення перешкоди знаходяться шляхом різниці у відстані, які проходять ультразвукові хвилі, а також завдяки оцінці втрат через поглинання та відбиття після повернення відбитих ультразвукових хвиль. При такому режимі роботи досить легко фіксуються звуковбирні перешкоди, а також перешкоди з кутовими поверхнями. Проте є й умова для роботи в такому режимі – положення опорного рефлектора має бути постійним, тобто не має змінюватись впродовж всієї роботи.

Повернемося до самого методу проходження. При цьому методі траса представляє собою деякий лабіринт, тобто з обох сторін рух роботизованої платформи обмежують за допомогою стін, а роботизована платформа, за допомогою ультразвукового датчика визначає сторону, де знаходиться перешкода, а також відстань до неї (на основі часу, за який відбитий пакет звукових імпульсів повернувся), а потім, на основі цих даних вирішує, в яку сторону повернутись, щоб продовжити рух по маршруту.



Рисунок 1.2 – Приклад роботи роботизованої платформи з ультразвуковим датчиком

Перевагами даного методу є те, що роботизована платформа повністю автономна, а також не потребує великих затрат по часу та ресурсам.

Недоліками методу є те, що роботизована платформа потребує не зовсім лабіринт, а маршрут, обмежений з обох сторін. Якщо ж маршрут представляє собою дійсний лабіринт, то роботизована платформа може дуже просто кружляти по ньому, не маючи змоги знайти кінцеву точку маршруту.

Хоча даний метод підходить для керування роботизованої платформи з ціллю успішного проходження маршруту та має достатньо високу точність проходження, але за це витрачає час. Тобто з середньою швидкістю роботизована платформа, керована системою на основі даного методу, досить легко зможе пройти маршрут повністю, але з максимально можливою швидкістю з високою вірогідністю виникнуть деякі проблеми.

Тобто, хоча роботизована платформа, проходячи маршрут на максимально можливій швидкості буде спроможна випускати ультразвукові хвилі, але вчасно реагувати на отриману інформацію про те, що попереду знаходиться перешкода та необхідно здійснити поворот, не зможе.

Другим методом проходження маршруту є метод за допомогою оператора. Основною відмінністю даного методу від інших є те, що робот не має системи, яка керує ним. Все керування роботизованною платформою бере на себе оператор за допомогою пульта керування.

Для цього роботизована платформа оснащується камерою, яка передає відео на пульт керування в режимі реального часу, а оператор на основі отриманих відео-даних вирішує, в яку сторону та з якою швидкістю робот буде рухатись.

Перевагами даного методу є те, що роботизована платформа кружляти не може, тобто рано чи пізно кінцева точка буде досягнена, а також не потребує великих затрат по часу та ресурсам.

Недоліками даного методу є те, що відстань між оператором та роботизованою платформою обмежена, та неможливе проходження маршруту роботизованою платформою без оператора. Також проходження роботизованою платформою маршруту повністю ляже на оператора, тобто якщо на деякій ділянці мар-

шлук оператор не вчасно або неправильно визначиться з напрямком руху роботизованої платформи, а також зі швидкістю проходження, буде діже велика вірогідність того, що роботизована платформа покине маршрут.



Рисунок 1.3 – Приклад пульта керування роботизованою платформою

Тому для проходження складних маршрутів будемо використовувати методи, які працюють без прямого керування зі сторони оператора, тобто всі інші. Або, якщо інші не задовільняють нашим вимогам, тоді сформувати власну методику проходження з достатньою швидкістю проходження маршруту.

Третій метод проходження – це метод за допомогою датчиків лінії. Даний метод відрізняється від інших тим, що робот працює повністю автономно, а також з більшою точністю, ніж перший метод.

Датчик лінії – це оптичний модуль, призначений для виявлення перешкод у вигляді білих або чорних ліній.

Принцип роботи даного методу дуже простий. При подачі живлення на модуль, випромінюється інфрачервоне світло, а потім аналізується відбите світло. Вихідна напруга залежить від кольору та відстані від поверхні, від якої світло відбивається. На цій різниці забезпечується робота даного методу.

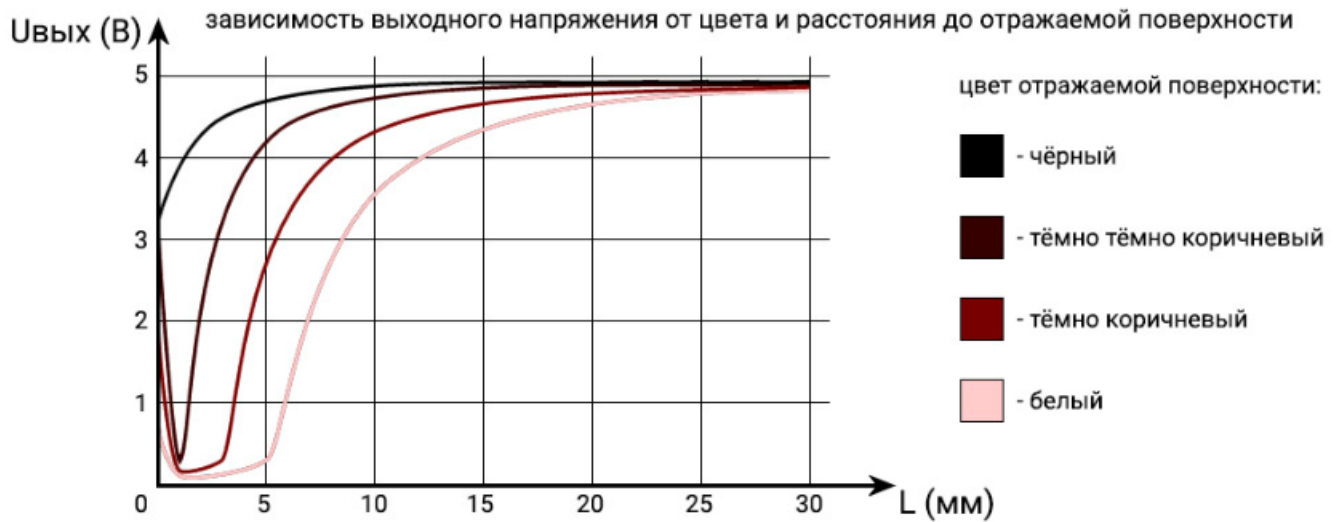


Рисунок 1.4 – Залежність вихідної напруги від кольору та відстані до поверхні від якої світло відбивається

Отже, в практичній реалізації даний метод виділяється тим, що маршрут, по якому буде рухатись роботизована платформа, прокладається за допомогою спеціальної чорної стрічки, а датчик лінії знаходиться над нею, або встановлюється декілька датчиків лінії, між яких і знаходиться чорна стрічка. Якщо встановлюється декілька датчиків, то і точність проходження буде набагато більша, особливо при поворотах.

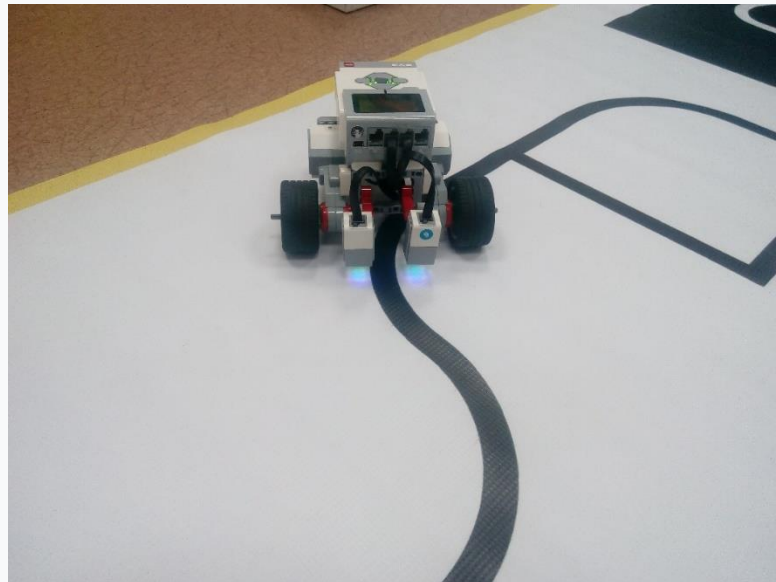


Рисунок 1.5 – Приклад проходження маршруту роботизованою платформою з 2 датчиками лінії

Перевагами даного методу є повна автономність, велика точність та швидкість проходження при нескладному маршруті.

Недоліком даного методу є те, що може покинути маршрут та не помітити цього, але ця проблема виникає при складному маршруті.

Завдяки цьому методу є можливість достатньо точно пройти маршрут. Але це за умови, що маршрут не буде дуже складним, без переривань та дуже різких поворотів, оскільки через них роботизована платформа легко може «заплутатись» або просто покинути маршрут через невчасне реагування на досить різкий поворот.

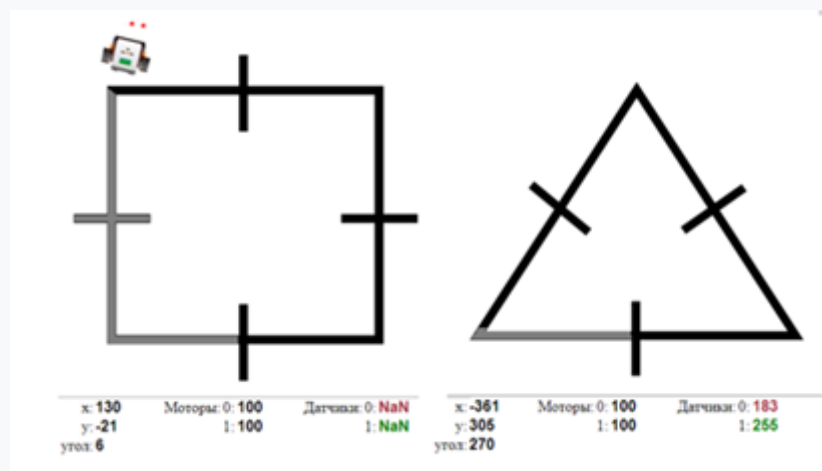


Рисунок 1.6 – Приклади використання датчиків лінії для проходження маршруту

Тобто, як видно з прикладу якщо уточними, що чорним виділені непройдені ділянки маршруту, а сірим – навпаки, виділено ті ділянки маршруту, який РП змогла пройти, тоді за наявності гострих чи прямих кутів, РП може просто не повернутися в необхідну сторону та продовжити рух вперед, тим самим покидаючи трасу. Отже, достатньо простою для даного методу є 3 траса, у якої немає гострих чи прямих кутів, а також «оманок», які пересікають маршрут та дають ілюзію повороту одночасно в декілька сторін – наліво та направо.

Проте, оскільки повороту одночасно в обидві сторони бути не може, РП ігнорує такі «оманки», завдяки чому «проходить» далі по маршруту.

Також важливо помітити, що наявність прямих кутів не гарантує того, що РП «зійде» з траси, оскільки на прикладі видно, що перший поворот під прямим кутом РП змогла подолати та «вийшла» з траси вже на другому повороті.

Четвертим методом є метод за допомогою аналогових датчиків. Хоча цей метод не дає змогу пройти повноцінну трасу, але він забезпечує рух роботизованої платформи, тому я маю про нього сказати.

Аналогові датчики можуть виміряти деякі фізичні величини. Наприклад, температуру, тиск, силу світла і т. д. За допомогою зміни таких величин можна запрограмувати робот на рух.

Переваг у цього методу в задачі проходження маршруту нема, оскільки працює він в інших ситуаціях.

Недоліків у цього методу дуже багато по тій самій причині. Використовуються інші.

Серед усіх виявлених методів для керування РП було виявлено, що найчастіше використовується метод за допомогою датчиків лінії, оскільки він самий точний та швидкий, а проблеми, які можуть виникнути, найчастіше виникають через складність самого маршруту, тобто якщо маршрут буде нескладний, або буде спосіб нейтралізувати його складність, тоді метод за допомогою датчиків лінії є найбільш оптимальним, точним та швидким на даний момент.

1.2 Системи на основі попередніх методів

При пошуку систем була знайдена лише 1 повноцінна система проходження маршруту.

Дана система створена на основі третього методу проходження – методу за допомогою датчиків лінії. Також при проектуванні повноцінної системи була використана нейронна мережа.

Нейронна мережа – це система, що імітує роботу людського мозку за допомогою процесорів, що в свою чергу імітують нейрони людини. Процесори в нейронній мережі дуже прості, оскільки вся їх робота – отримувати інформацію на вхід, обробляти спеціальним чином та передавати наступним нейронам.

Структура даної мережі наведена нижче:

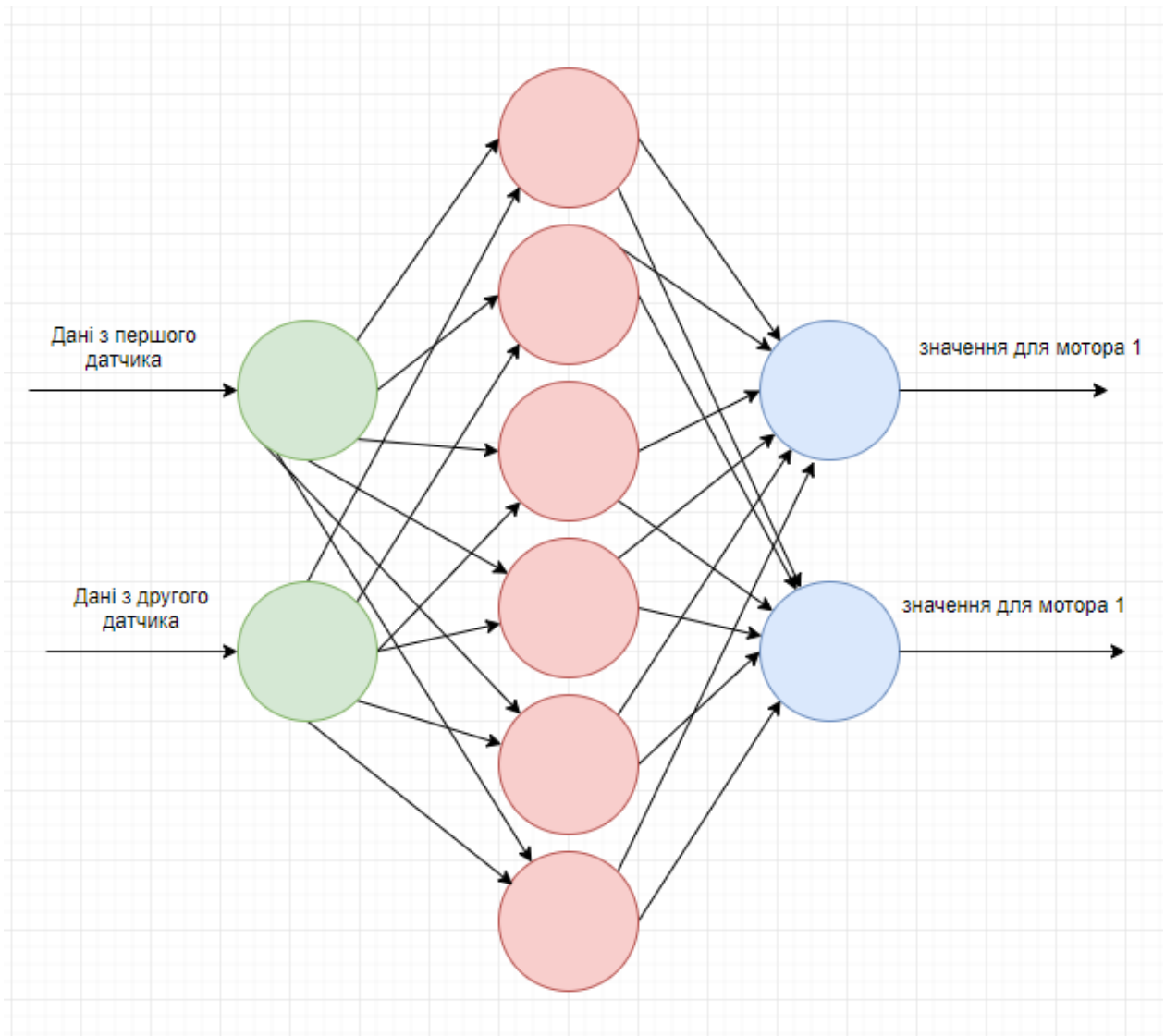


Рисунок 1.7 – Структура нейронної мережі

У нейронної мережі всього 3 основних видів шарів, нейрони яких діють по-різному : вхідний, прихований, вихідний.

Вхідний шар, як зрозуміло з назви, відповідає за отримання та передачу початкових даних, тобто вхідні дані не обробляються, тому output даного шару дорівнює input`у.

В інших шарах нейрони діють інакше. В input вони отримують вихідні дані зі всіх нейронів попереднього шару, потім ці дані приводяться до нормального вигляду за допомогою спеціальної функції, а потім подаються на output.

Для навчання цієї нейронної мережі був використаний генетичний алгоритм.

Генетичний алгоритм – це еволюційний алгоритм пошуку, який призначений для вирішення задач оптимізації та моделювання. Для цього використовується послідовний підбір, комбінування та варіації шуканих параметрів. Загалом, цей метод нагадує біологічну еволюцію, тому цей алгоритм і називається генетичним.

Цей алгоритм дозволяє запам'ятовувати місця, які РП не зміг пройти тільки за допомогою датчиків лінії через складність маршруту в цілому, або через складність самої ділянки, яку проходить РП. Завдяки цьому з кожним проходженням даного маршруту РП буде проходити його все краще та краще і в якийсь момент зможе пройти складну ділянку.

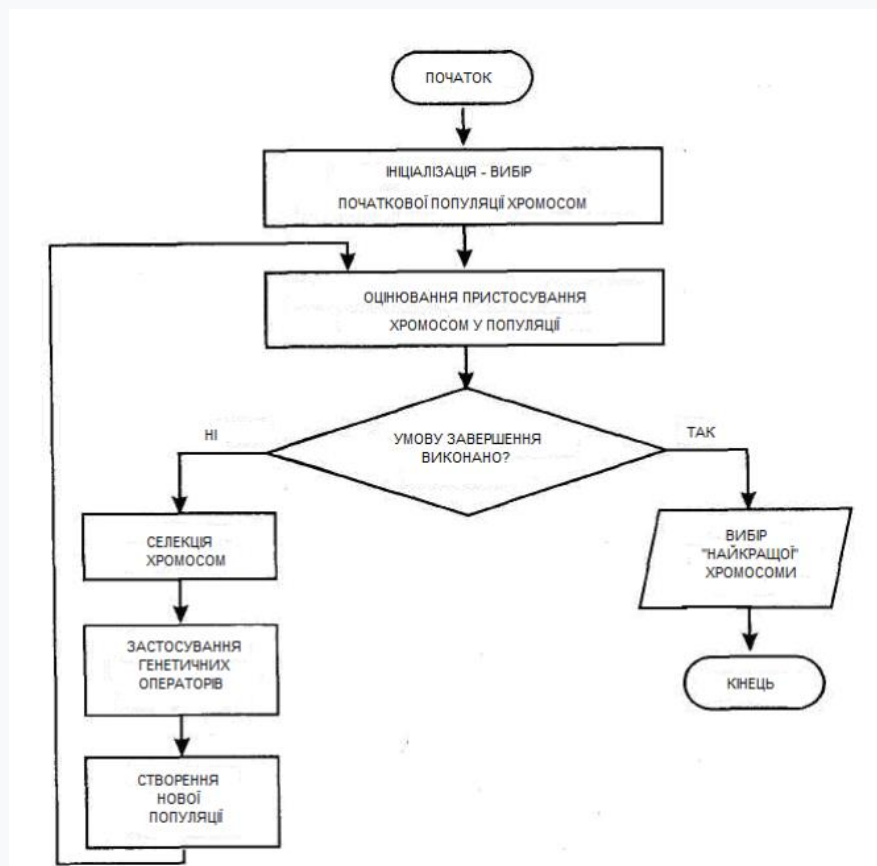
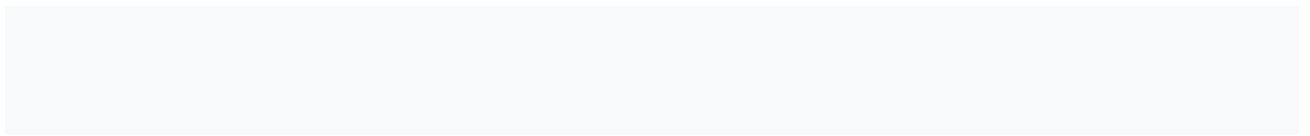


Рисунок 1.8 – Блок-схема генетичного алгоритму.

Висновок до розділу

В даному розділі розглянуто існуючі методи проходження маршруту роботизованою платформою, виділено їх основні переваги та недоліки. Завдяки цьому ми можемо надалі створити власну методику на основі існуючих, яка буде мати свої переваги та недоліки. Для даної методики є вимоги – переваги мають бути більш суттєвими, ніж переваги існуючих методів, або недоліки мають зовсім, або майже не впливати на оптимальність проходження РП маршруту.

Для найбільш використовуваного методу був розглянутий приклад, які траси для нього є складними, а також була розглянута існуюча система на основі одного з існуючих методів проходження.



РОЗДІЛ 2 – АНАЛІЗ ОПТИМАЛЬНОГО ПРОХОДЖЕННЯ МАРШРУТУ

2.1 Визначення оптимальності проходження маршруту

Під оптимальним проходженням маршруту будемо розуміти переміщення з точки початку $P(x_{поч}, y_{поч})$ в кінцеву $K(x_{кін}, y_{кін})$ за мінімальний проміжок часу.[№2]

$$t_{PK} = \frac{S_{PK}}{V_{сер}}, \quad (2.1)$$

де $t_{PK} \in (0, \infty)$ – час знаходження в шляху від точки початку $P(x_{поч}, y_{поч})$ в кінцеву $K(x_{кін}, y_{кін})$; $(x_{поч}, y_{поч})$, $(x_{кін}, y_{кін})$ – координати точок початку та кінця; S_{PK} – фактичний шлях, пройдений при переміщенні з точки $P(x_{поч}, y_{поч})$ в точку $K(x_{кін}, y_{кін})$; $V_{сер}$ – середня швидкість на фактичній ділянці шляху.

Оцінка оптимальності проходження маршруту будемо оцінювати за допомогою коефіцієнта ефективності $k_{еф} [0,1]$:

$$k_{еф} = \frac{t_T}{t_{\Phi}} = \frac{V_{сер} * S_{min}}{V_{max} * S_{PK}}, \quad (2.2)$$

де $t_T = \frac{S_{min}}{V_{max}}$ та $t_{\Phi} = \frac{S_{PK}}{V_{сер}}$ – це теоретичний та фактичний час проходження; V_{max} – максимальна швидкість; $S_{min} = \sqrt{(x_{кін} - x_{поч})^2 + (y_{кін} - y_{поч})^2}$ – відстань між точками $P(x_{поч}, y_{поч})$ та $K(x_{кін}, y_{кін})$.

Хоча 2 точки завжди лежать на одній прямій, в реальності для того, щоб переміститися з початкової точки в кінцеву неможливо пройти по прямій. Це відбувається через те, що на даній прямій зустрічаються деякі перешкоди, які доводиться об'їжджати. Таких перешкод є багато, наприклад ями, гори, болота, водна перешкода і т. д. Для об'їзду подібних перешкод, доводиться повертати в сторону, їхати до кінця перешкоди та вже потім повертатись на пряму між початковою та кінцевою точкою. Зрозуміло, що такі об'їзди не тільки збільшують саму довжину шляху між початковою та кінцевою точками, але й зменшує середню швидкість проходження, оскільки перед поворотами доводиться зменшувати швидкість та неможливо, як в теорії (проїхати по прямій з максимальною швидкістю). Добре, якщо таких об'їздів небагато. Проте, якщо навпаки, тоді не тільки час проходження може бути поганим, але й не факт, що

роботизована платформа взагалі досягне кінцеву точку, оскільки чим складніший маршрут, тим більша вірогідність, що роботизована платформа «зійде» з траси. Наша задача, як зрозуміло з формули (2.1) не тільки доїхати до кінцевої точки, але й зробити це за найменший час для досягнення оптимальності проходження. Демонструвати оптимальність зможе коефіцієнт ефективності. Тобто наша задача – максимальне збільшення коефіцієнта ефективності ($k_{ef} \rightarrow 1$, оскільки 1 – максимальне значення, яке можна досягти лише в ідеальному випадку, тобто в теорії).

Для того, щоб оцінити можливість переміститись в кінцеву точку маршруту необхідні такі дані, як динамічні характеристики, прохідність, маневреність, надійність та інші.

Отже, для того щоб роботизована платформа успішно пройшла маршрут, досягла кінцевої точки, необхідно :

Оглянути роботизовану платформу, визначити її основні характеристики, сильні та слабкі сторони, а далі сформувати навколишнє середовище таким чином, щоб сильні сторони повністю розкривались, а слабкі майже не впливали на роботу роботизованої платформи.

Вибрати оптимальний метод для проходження маршруту, або сформувати власну методику для проходження маршруту роботизованою платформою.

Розробити систему керування, яка буде керувати роботизованою платформою з ціллю повного та успішного проходження всіх поворотів, досягнення кінцевої точки маршруту та зробити все це за мінімально можливий час.

Інтегрувати розроблену систему керування в роботизовану платформу таким чином, щоб не виникало ніяких проблем при її роботі по керуванню роботизованою платформою. Тобто, щоб система, керуючи роботизованою платформою, успішно змогла пройти весь маршрут від початкової точки до кінцевої без покидання маршруту через деякі небезпечні фактори, які будуть оглянуті надалі та які призводять до того, що РП покинув трасу, перевернувся, або зіткнувся з

перешкодою, через що не може продовжити проходження маршруту, або пройшов маршрут за досить довгий час, який в інших умовах можна без системікування «побити». Тобто, не тільки пройти, але й пройти за менший час.

2.2 Небезпечні фактори оптимального проходження маршруту

Для того, щоб переміститись в кінцеву точку, необхідно визначити небезпечні фактори, що будуть впливати на проходження маршруту.

2.2.1 Навколишнє середовище та забезпечення безпеки

Навколишнє середовище доцільно поділити на підготовлену та непідготовлену. Тобто, ту, що була підготовлена спеціально для проходження даного маршруту від початкової точки до кінцевої, та ту, що не була.

В підготовленому навколишньому середовищі є можливість використовувати всі характеристики роботизованої платформи в повному обсязі, як максимальна швидкість, хороша прохідність і т. д.. Тобто при такому навколишньому середовищі деякі реальні характеристики при проходженні маршруту не будуть відрізнятися від теоретичних, які можливі лише в ідеальному випадку.

Також, крім того, що навколишнє середовище можна поділити на підготовлену та непідготовлену, також можна виділити тип маршруту зі складними кліматичними умовами. В такому навколишньому середовищі складно проходити маршрут, навіть якщо траса була побудована. Якщо ж складні кліматичні умови комбінуються з непідготовленістю траси, тоді майже неможливо пройти маршрут взагалі, не кажучи вже про якийсь обумовлений час, за який це необхідно зробити.

Отже, траси по навколишньому середовищу можна поділити на підготовлену з нормальними кліматичними умовами, підготовлену зі складними кліматичними умовами, непідготовлену з нормальними кліматичними умовами та непідготовлену зі складними кліматичними умовами, з яких непідготовлена зі складними кліматичними умовами, очевидно, найскладніша.



а)



б)



в)

Рисунок 2.1 – Фрагменти підготовленого навколишнього середовища, а також непідготовленого навколишнього середовища : а – повноцінна дорога, підготовлений маршрут з нормальними кліматичними умовами для проходження; б – цех, з лише рівна ділянка шляху, непідготовлений маршрут з нормальними кліматичними умовами, в – повноцінна дорога зимою, прибирається, підготовлений маршрут зі складними кліматичними умовами

Непідготовлений маршрут зі складними кліматичними умовами не буде показаний, але його легко можна уявити, якщо взяти непідготовлений маршрут та додати проблеми з навколишнім середовищем, такими як наводнення, торнадо, хуртовина та інші.

Важливо, що хоча в попередніх показаних прикладах маршруту роботизована платформа не зможе показати всі свої сильні сторони, деякі слабкі сторони будуть сильніше кидатись в очі, але це лише деякі. Тобто деякі з характеристик роботизованої платформи можуть бути реалізованими навіть при таких обставинах.

Також, навіть якщо маршрут підготовлений та з нормальними кліматичними умовами, проте деякі з характеристик можуть бути нереалізованими в повному обсязі через деякі випадки, які неможливо спрогнозувати. Наприклад, різке погіршення погоди, втручання когось в проходження маршруту, можливий трафік на підготовленому маршруті та інші.

Непідготовлений маршрут відрізняється від підготовленого тим, що може включати в себе нестабільні ділянки, ділянки, схил яких перевищує 33%, стабільні ділянки з великою кількістю природніх перешкод. На таких маршрутах швидкість проходження зменшується в багато разів, також збільшується складність маршруту. За таких обставин одна або обидві з ключових умов можуть бути невиконаними, або виконаними не в повному обсязі. Тому такі обставини роблять проходження маршруту роботизованою платформою недійсними та помилковими.

Тому, для проходження маршруту до даного небезпечного фактору ставляться такі вимоги :

- Маршрут має бути підготовленим.
- Кліматичні умови мають бути нормальні, тобто оптимальні для роботизованої платформи.
- Маршрут має бути огорожений, тобто має бути неможливе втручання посторонніх в проходження маршруту.

За невиконанням цих вимог проходження має бути припинено, а всі попередні результати, на які може впливати невиконання однієї з вищесказаних вимог, анульовані.

2.2.2 Втрата прохідності

Це можливо через недостатчу дорожнього просвіту, радіуса прохідності, або через неоптимальність ходової частини роботизованої платформи (кількість колес, відстань між ними, радіус коліс, координати центра ваги).

Тобто, для вирішення проблеми може бути достатньо змінити деякі характеристики ходової частини роботизованої платформи, або спрощення маршруту.

2.2.3 Втрата курсової стійкості

Курсова стійкість – це здатність будь-якого транспортного засобу на колесах зберігати напрямок свого руху. Тобто вона дозволяє запобігти заносу при поворотах та інших ситуаціях, коли транспортний засіб втратив напрямок руху.

Курсова стійкість може бути втрачена в багатьох ситуаціях – при поганих погодних умовах, що вплинуло на дорогу (дощ, снігопад), при підйому на гірку, чи спуску з неї через вітер, інерцію, поганий стан дороги, розлад в моментах сил колеса чи коліс.

Також може бути вплив деяких збурювальних чинників, які впливаючи на систему взаємодії сил між транспортним засобом та трасою, можуть порушити баланс сил і призвести до зміни стійкого руху на нестійкий, що, знову ж, призводить до втрати курсової стійкості.

Добре, що вплив збурювальних чинників, як правило, такий незначний, що ні до чого серйозного не призводить. Що ж таке збурення?

Збурення – це будь-який зовнішній чинник, що впливаючи на деяку стабільну систему взаємодії сил, порушує функціональний зв'язок між керуючою дією та змінною, яка керується. Як приклад, збуренням може бути момент навантаження на вал двигуна при його роботі.

Збурення не є систематичним зовнішнім впливом на систему. Навпаки, як правило, збурення має випадковий характер та визначається лише початковими характеристиками замкненої системи.

Також є таке поняття, як спектр збурення. Це деякий розподіл за частотами збурень або іншими властивостями збурень, які впливають на деякий технологічний процес або систему.

Тепер, коли більше дізнались про збурення, повернемося до курсової стійкості, її втрати та до чого ця втрата призводить.

За умов втрати курсової стійкості, транспортний засіб може «занести», що призведе до зіткнення правого чи лівого борту з перешкодою, якою може виступати інший транспортний засіб, природня перешкода (камінь, дерево), рукотворна перешкода (огорожа) або просто сходження з траси та неможливості повернутись на неї зовсім без стороннього втручання або впродовж довгого часу. Також ці 2 випадки можуть статись одночасно у випадку розташування перешкоди за межами траси.

2.2.4 Втрата стійкості до перевертання

До втрати стійкості до перевертання призводить різка зміна швидкості руху (гальмування при великій швидкості, або інтенсивному розгоні), різка зміна напрямку руху (поворот) або різка зміна дороги (перехід з рівної ділянки на схил чи навпаки).

Як правило, для визначення такої стійкості вибирають максимально допустиму швидкість, її ще називають критичною швидкістю. Тому для визначення буде використовуватись саме максимально допустима швидкість, котру позначимо як $V_{кр}$.

Слід розуміти що максимально допустима швидкість не є максимально можливою швидкістю, оскільки максимально допустима швидкість залежить від ділянки дороги, на якій знаходиться транспортний засіб, в той час коли максимально можлива швидкість залежить від характеристик транспортного засобу. Тобто, максимально допустима швидкість визначає максимальну швидкість, з якою транспортний засіб може рухатись на даному ділянку маршруту (на різних ділянках маршруту різна максимальна допустима швидкість). А максимально можлива швидкість визначає максимальну швидкість, з якою транспортний засіб може рухатись взагалі, тобто за умови відсутності допомоги зовнішніх сил швидше даної швидкості транспортний засіб не може рухатись.

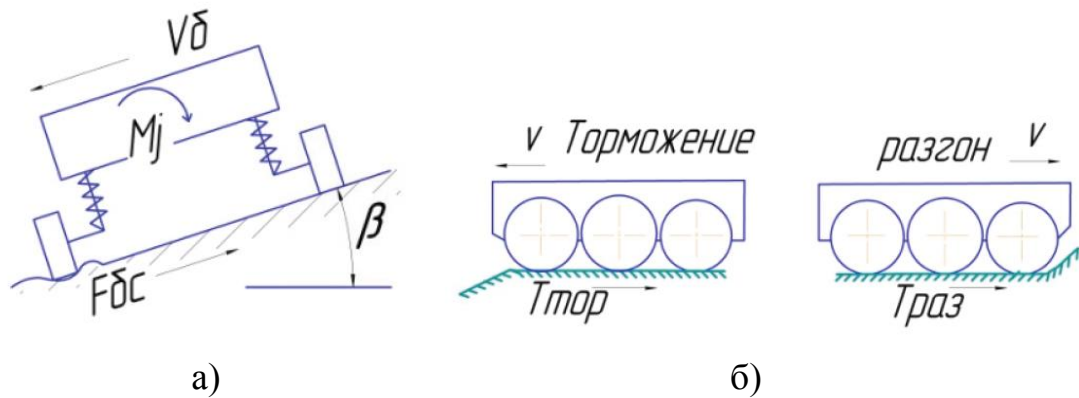


Рисунок 2.2 – Втрата стійкості до перевертання

а – стан сил, діючих на транспортний засіб, коли може статись перевертання через поворот : $F_{\delta c}$ – сила бокової стійкості, M_j – момент інерції, V_{δ} – швидкість ковзання в боковому напрямку, β – кут між схилом та рівною поверхнею

б – стан сил, діючих на транспортний засіб, коли може статись перевертання через різку зміну швидкості : $T_{тор}$ – сила гальмування, V – швидкість руху в показаному напрямку, $T_{раз}$ – сила тяги

Розглянемо також вплив деякого збурення на замкнену систему. Як видно з рис. 2.3 а) через вплив деякого збурення напрямку руху транспортного засобу був змінений з паралельного осі Оу на деякий кут θ

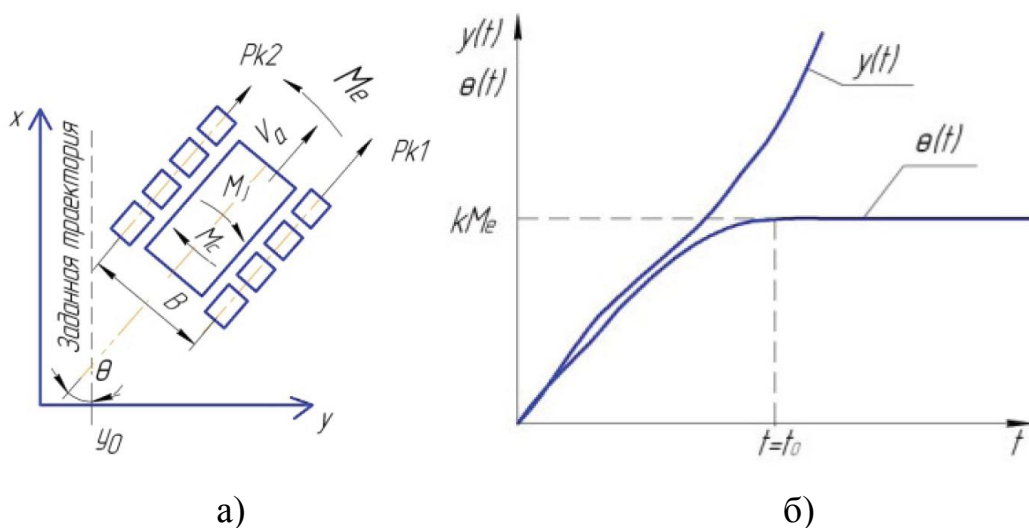


Рисунок 2.3 – Наявність зовнішнього збурюючого чинника :

а – відхилення від заданого напрямку руху : θ – кут, на який змінився напрямку руху, V_0 – швидкість центру мас, M_c – момент опору повороту, P_{ki} – сила тяги і-го борту, B – ширина колії

б – зміна відхилення транспортного засобу від параметрів заданої траєкторії : $\theta(t)$ – курсове відхилення, M_e – момент на двигуні, t – час

Максимальну допустиму швидкість можна визначити з деяких відношень, в залежності від обставин :

1. Максимальна допустима швидкість у випадку різкої зміни швидкості або аварії внаслідок удару у перешкоду:

$$V_{кр}^2 = \frac{2g * I * J_{nx}}{M * H^2 * (1 - K)^2} * [1 - \sin(\alpha + \varphi_H)], \quad (2.3)$$

де $K=0$ при різкій зміні швидкості руху (гальмуванні чи розгону), $K=1$ при зіткненні з перешкодою, g – прискорення вільного падіння, J_{nx} – момент інерції відносно вісі опрокидування.

$$I^2 = H^2 + (I_1)^2, \varphi_H = 90^\circ - \alpha_{CT} = \arctg\left(\frac{H}{I_1}\right), \quad (2.4)$$

де I_1 – проекція відстані до осі опрокидування від центра ваги, H – відстань центра ваги до осі Ох, α, α_{CT} – кут нахилу опори та статичний кут стійкості.

2. Максимальна допустима швидкість при поворотах :

$$V_{крп}^2 = g * R * \frac{0,5 * B \mp H * t * g * \beta}{H \pm 0,5 * B * t * g * \beta}, \quad (2.5)$$

де R – радіус дуги дороги, B – ширина колії, β – кут нахилу дороги, знак залежить від того, підйом це чи спуск. При підйомі береться верхній знак, при спуску – нижній.

3. Максимальна допустима швидкість при боковому ковзанні :

$$V_{крк}^2 = \frac{2g * s * J_{ny}}{2 * M * H^2} * [1 - \sin(\beta + \varphi_n)], \quad (2.6)$$

де J_{ny} – момент інерції відносно осі опрокидування.

$$S^2 = H^2 + (0,5 * B)^2, \varphi_H = \arctg\left(\frac{2 * H}{B}\right). \quad (2.7)$$

Зрозуміло, що всі ці формули мають сенс тільки в тому випадку, коли характеристик роботизованої платформи достатньо для необхідної сили удару при зіткненні з перешкодою, реалізації гальмування або стійкості до бокового ковзання. Таких характеристик, як зчеплення, а також міцність двигуна для отримання достатньої тяги при підйому.

На жаль, критеріїв для аналітичного визначення стійкості до перевертання при спробах пройти такі перешкоди, як камінь, яма, кратер та інші, знайти не вдалось, тому отримання точного результату в ході теоретичних розрахунків неможливе без використання диференціальних рівнянь, що описують, як між собою взаємодіє ходова частина з навколишнім середовищем. Тобто, для отримання точних результатів неможливо нехтувати багатьма несуттєвих змінних, які мало впливають на проходження маршруту, або ж необхідні експерименти, де шляхом систематизації та порівняння отриманих даних в різних умовах, можна зробити деякий висновок про вплив на проходження.

2.2.5 Втрата контролю

Таке може статися у таких випадках, як рух в гору, рух по дорозі зі слабкою силою тертя або через те, що було неправильно виявлено необхідну швидкість на деякій ділянці маршруту. Дорога може бути зі слабкою силою тертя через кліматичні умови, наприклад дощ, сніг, або заморозки. Хоча заморозки можуть вплинути на силу тертя дороги в тому випадку, коли дорога була волога. Через це виникне лід, що і призведе до сильного послаблення сили тертя, якої може не вистачити на деяких ділянках маршруту. Під контролем будемо розуміти ті характеристики, які дозволяють роботизованій платформі продовжувати рух у вибранному напрямку або по даному маршруту з максимально доступною швидкістю. На контроль впливають режими ходу будь-якого транспортного засобу, наприклад гальмування, поворот або інтенсивне збільшення швидкості. При зміні швидкості через гальмування або розгон задні та передні колеса втрачають зчеплення, що призводить до різкої втрати сили тертя. При повороті також втрачається зчеплення, але не на всіх колесах, а лише на колесах того борту, в яку сторону здійснюється поворот. Саме через це до втрати контролю може призвести навіть несуттєві, на перший погляд, речі.

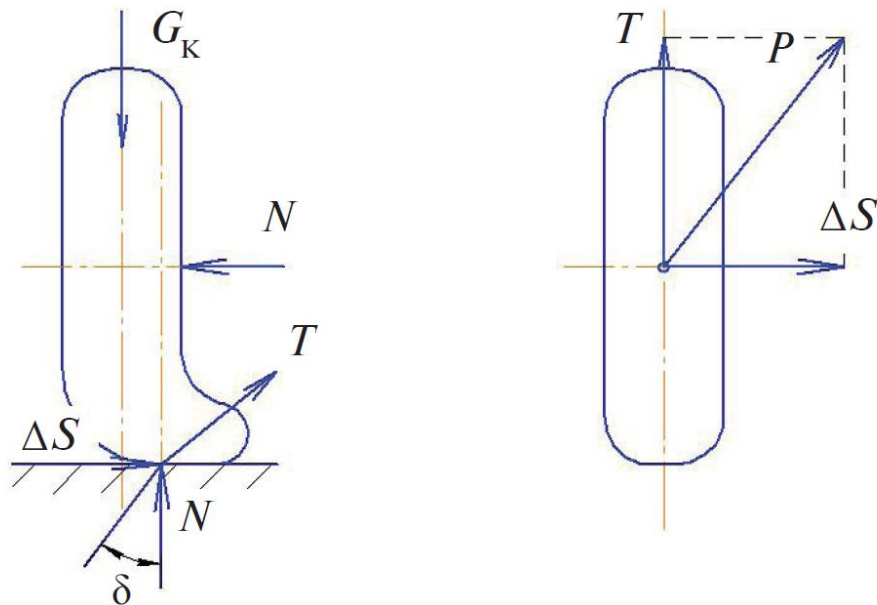


Рисунок 2.4 – Сили, діючі на колесо при наявності зовнішніх збурень :

G_K – навантаження, діюче на колесо зі сторони підресореної частини транспортного засобу, T – гальмуюча сила, N – реакція поверхні, F – збурюючий чинник, ΔS – зміщення реакції поверхні, F_S – бокова реакція поверхні, P – результуюча сила, діюча на колесо, δ – кут зміщення.

Дія збурюючого чинника може призвести до того, що в поверхні ΔS виникне бокова реакція, яка може призвести до того, що транспортний засіб втратить контроль. Стійкість до такої ситуації виникає лише в тому випадку, коли забезпечується виконання нерівності $P \leq \varphi_c * N$, (φ_c – коефіцієнт зчеплення з поверхнею). Якщо ця нерівність виконується, тоді стійкість забезпечується та контроль не втрачається. До втрати контролю можуть призвести нескінченно малі збурення. Вони призводять до виникнення кута зміщення δ , деякої зміни радіусу повороту, що в свою чергу, призводить до зміни необхідного напрямку. Це може призвести до того, що транспортний засіб, в нашому випадку роботизована платформа, «зійде» з траси. Через це необхідно контролювати рух по заданому маршруту та в випадку необхідності змінювати на необхідний напрямок руху.

На контроль транспортного засобу можна впливати шляхом зміни частоти обертання колеса, тиску на колеса або зміни геометрії ходової частини.

Коли кажемо про геометрію, то розуміємо, в даному випадку, змінну геометрію, тобто властивість зміни колії, бази та дорожнього просвіту. Завдяки тому, що частота обертання колес зменшується, буде збільшуватися курсова стійкість, а, в свою чергу, збільшується контроль транспортного засобу. Зменшення нормального тиску на крайні колеса призводить до збільшення курсової стійкості, а збільшення – до збільшення контролю над транспортним засобом. Також, зі збільшенням відношення величин бази та ширини колії збільшується курсова стійкість, а зі зменшенням – збільшується контроль. На контроль може прямим чином впливати завдяки правильному вибору режиму проходження маршруту на заданій ділянці. Тобто від правильного значення багатьох характеристик, які прямо або опосередковано впливають на контроль впродовж проходження маршруту. Такі характеристики, як вплив навколишнього середовища, швидкості руху на заданій ділянці, розмірів роботизованої платформи, та багато інших.

Для деякої оцінки контролю транспортним засобом М. Г. Беккер запропонував критерій, який можна визначити за допомогою виразу, що наведений нижче :

$$\vartheta^2 = \left(\frac{N_{\text{дин}}}{F_{\text{зб}}}\right)^2 - \left(\frac{N_{\text{ст}}}{F_{\text{зб}}}\right)^2, \quad (2.8)$$

де $N_{\text{дин}}$ – динамічний вертикальний тиск, $F_{\text{зб}}$ – зовнішнє збурення, наприклад інерція при повороту, $N_{\text{ст}}$ – статичний вертикальний тиск.

Найкращий контроль у транспортного засобу може бути за умови маленького значення критерію ϑ .

На контроль також може впливати швидкість шляхом відцентрового прискорення. Транспортний засіб має хороший контроль, якщо виконується умова, виду :

$$V^2 \leq R * g * (tg\beta + tg\varphi_c), \quad (2.9)$$

де V – швидкість руху, R – радіус повороту.

2.3 Небезпечні фактори для нашого випадку

Оскільки наша задача – створення підсистеми для керування роботизованою платформою для оптимального проходження маршруту, умови для цього мають бути близькі до ідеальних. Тобто, з усіх небезпечних факторів, які можуть або серйозно погіршити результати, або взагалі зробити виконання проходження маршруту неможливим, деякі взагалі зникнуть, деякі втратять одні з причин для виникання.

Отже, розберемо, як небезпечні фактори будуть впливати на проведення експерименту в нашому випадку :

- Навколишнє середовище та забезпечення безпеки.

Навколишнє середовище в нашому випадку майже не впливає на проведення експериментів, оскільки умовою створення підсистеми керування є те, що стан траси має бути близьким до ідеальних, тобто тих, що беруться в теоретичній частині, в розрахунках.

Тобто, кліматичні умови можна ігнорувати, оскільки трасу можна прокласти в місці, де є дах та оптимальна температура.

Також, умовою проведення експерименту є рівна дорога, тому вважаємо, що схилів, ям, гірок та інших нема, а також що дорога чиста, без всіляких каменів та іншого.

Тому єдине, що залишається, це збурення, які неможливо уникнути. Тому за наявності збурень, ігноруємо ті, які не сильно впливають на результати та процес проведення експерименту.

- Втрата прохідності.

Вище писались випадки, що можуть призвести за собою втрату прохідності, тому перелічувати їх знов не має сенсу.

Проте важливо сказати, що в нашому випадку будемо вважати, що випадки, що можуть призвести до втрати прохідності, обме-

жуються лише недоліками ходової частини роботизованої платформи, оскільки трасу складаємо ми, а змінити об'єкт випробувань неможливо.

Але має сенс уточнити, що у випадку, коли недоліки ходової частини зіграють свою роль, можна змінити ділянку, на якій виникла ця проблема, з ціллю знешкодження її, або просто обмеження її ефекту та впливу як на результат, так і на процес проведення випробувань.

Враховуючи вищесказане можна вважати, що небезпечні фактори виду втрати прохідності в нашому випадку не впливають.

– Втрата курсової стійкості.

Враховуючи причини, через які може відбутися втрата курсової стійкості, можна сказати, що вони будуть впливати як на результат, так і на процес проведення випробувань, оскільки причини неможливо просто ігнорувати або нейтралізувати, не знаючи на практиці, на скільки вони вплинуть на процес проведення.

Оскільки ці причини загалом виникають при самому проведенні випробувань через вплив зовнішніх збурень та неможливо спрогнозувати, чи будуть вони взагалі та наскільки великим буде їх вплив на проведення випробувань, можливо лише вирішувати цю проблеми вже при випробуваннях у випадку виникнення.

Тому, при проектуванні нової методики проходження маршруту, небезпечні фактори виду втрати курсової стійкості враховуватись не будуть. різку зміну напрямку руху, або швидкості руху, то можна вважати, що факт наявності втрат

– Втрата стійкості до перевертання.

Оскільки умовою проведення випробувань є стан дороги, нескінченно близький до ідеальних, тоді з причин, що можуть викликати втрату стійкості до перевертання можна для нашого випадку «викинути» ті, що пов'язані з недоліками дороги, а саме зіткнення з перешкодою або її подолання (оскільки на дорозі взагалі не має бути перешкод, а випадок, коли роботизована платформа покинула дорогу сам по собі провальним), падіння з уступу або в яму, а також перехід з рівної дороги на більш вибоїстий, або ямкуватий.

Тому з усіх причин виникнення втрати стійкості до перевертання залишаються лише ті, що пов'язані з різкою зміною швидкості або напрямку руху, а саме екстрене гальмування, інтенсивний розгон або поворот зі швидкістю, яка перевищує значення максимально можливої швидкості руху.

– Втрата контролю.

З усіх причин, які можуть призвести до втрати контролю, після додатку обмежень, при яких можливе проходження маршруту залишається лише неправильний режим руху транспортного засобу, а саме роботизованої платформи, по вибраній ділянці, а це, в свою чергу, означає проблеми з системою керування рухом для досягнення оптимальності, яку необхідно створити.

Тому якщо виник випадок втрати контролю, у нашому випадку це означає недолік створеної системи керування швидкості руху, яка недостатньо або занадто зменшила швидкість руху перед поворотом, або зробила це не в необхідний момент, що призвело до екстренного гальмування (якщо пізно) або до зменшення швидкості більше, ніж було необхідно, через що РП не зміг «увійти» в поворот.

Висновок до розділу

У даному розділі розглянуто існуючі небезпечні фактори, які можуть вплинути на пересування ТЗ в межах траси, а також формули, які можуть розрахувати деякі величини, якщо небезпечний фактор мав місце бути. В тому числі, серед всіх формул були розглянуті формули, які розраховували максимально можливу швидкість, які знадобляться пізніше, під час створення нової методики оптимального проходження маршруту.

Також, завдяки розглянутим існуючим небезпечним факторам стало можливим виділити ті небезпечні фактори, що будуть впливати саме на РП під час проходження ним маршруту. Завдяки цьому в подальшому виділимо основні ситуації, що можуть статись під час проходження маршруту РП та відповідні формули, які допоможуть визначити межі, в яких має рухатись РП, щоб уникнути ситуацій, які можуть вплинути не тільки на оптимальність проходження, але й на сам факт проходження маршруту.

РОЗДІЛ 3 – ПРОЕКТУВАННЯ МЕТОДИКИ ПРОХОДЖЕННЯ МАРШРУТУ

3.1 Ситуації, що можуть призвести до неможливості проходження маршруту

Якщо визначити всі можливі ситуації, що можуть статися навіть за умовами задачі (при стану траси та кліматичних умовах близьких до ідеальних), тоді отримаємо декілька небезпечних ситуацій, що можуть статись з РП. Ними являються : 1) Ситуація, коли РП занадто різко змінює швидкість свого пересування (Розгін або екстрене гальмування), яка призводить до можливої втрати керованості і можливості покинути трасу, 2) Ситуація, коли РП занадто різко змінює напрямок свого руху (поворот), яка може призвести до втрати стійкості до перевертання, 3) Ситуація, коли РП може врізатись у перешкоду, яка не мала з'явитись за умов задачі, проте з'явилась. Всі ці ситуації призводять до того, що РП може втратити можливість проходити трасу, а це, в свою чергу, призводить до неможливості продовжувати виконання оптимального походження маршруту.

Для вирішення цих задач необхідно вказати всі дані про РП, що можуть знадобитися для розрахунків та отримання максимально можливих швидкостей для окремих ситуацій, розглянутих вище.

А саме : відстань від точки центра мас до опорної поверхні (H) – 40мм, маса РП (m) – 340г, кут нахилу опорної поверхні – 0, проекція відстані від центра мас до осі перевертання на вісь РП (I_1) – 1, довжина колії (B) – 125мм.

Спочатку розглянемо ситуацію, коли РП занадто різко змінює швидкість свого руху. У попередньому було визначено таку ситуацію, а також формулу, яка може допомогти з цією ситуацією. Це є формулою (2.3), а також (2.4), які допоможуть у вирішенні ситуацій різкої зміни швидкості або зіткнення з перешкодою, які можливо розглядати окремо, оскільки формула відрізняється в цих 2 ситуаціях. Розглядати формули (2.3) та (2.4) необхідно одночасно, оскільки формула (2.4) доповнює (2.3). Тому є можливість вставити формулу (2.4) у фор-

мулу (2.3) та отримати нову, яка підходить для вирішення максимально допустимої швидкості при різкій зміні швидкості руху. Як вже було сказано, спочатку розглянемо ситуацію різкої зміни швидкості руху.

$$V_{кр}^2 = \frac{2g * I * J_{nx}}{M * H^2 * (1 - K)^2} * [1 - \sin(\alpha + \varphi_H)],$$

$$I^2 = H^2 + (I_1)^2, \varphi_H = 90^\circ - \alpha_{CT} = \arctg\left(\frac{H}{I_1}\right).$$

Оскільки в нас ситуація різкої зміни швидкості пересування, можемо відразу K прийняти за 0, а також вставимо формулу (2.4) у формулу (2.3), що призводить до видозмінення цієї формули до вигляду, що підходить для конкретної ситуації :

$$V_{кр}^2 = \frac{2g * \sqrt{H^2 + I_1^2} * J_{nx}}{M * H^2} * \left[1 - \sin\left(\alpha + \arctg\left(\frac{H}{I_1}\right)\right)\right].$$

Підставивши всі дані, що є у нашій конкретній задачі з РП, отримаємо :

$$V_{кр}^2 = \frac{2 * 9,81 * 40 * 340 * 90000}{30 * 10 * 1600} * [1 - \sin(\arctg(40))],$$

$$V_{кр}^2 = \frac{480297600}{480000} \approx 1000,$$

$$V_{кр} \approx 31,6.$$

З цього можна зробити висновок, що різка зміна швидкості на більше, ніж 30 см/с призведе до втрати керованості та кінець проходження.

Визначимо максимально допустиму швидкість для входження в поворот. Для цього візьмемо формулу (2.5) та визначимо необхідне значення швидкості за допомогою вхідних даних.

Оскільки кут нахилу опорної поверхні дорівнює 0 (рівна горизонтальна дорога), а також маючи ширину колії (B) 125 мм та відстань від опорної поверхні до точки центра мас (H) 40мм, підставивши ці вхідні дані до формули, можемо розрахувати максимально можливу швидкість для цього випадку :

$$V_{крп}^2 = g * R * \frac{0,5 * B \mp H * t * g * \beta}{H \pm 0,5 * B * t * g * \beta} = g * R * \frac{B}{2 * H},$$

$$V_{крп}^2 = 9,81 * R * \frac{125}{80} = 15,33 * R.$$

Оскільки радіус кривизни повороту буде різним на кожному повороті впродовж проходження всього маршруту РП, оптимальніше буде вказати R, тобто радіус кривизни, як змінну та скласти графік функції за умов, що $R > 0$ та $V_{крп} > 0$:

$$R = \frac{1}{15,33} * V_{крп}^2.$$

Маючи формулу залежності максимально допустимої або можливої швидкості від радіусу кривизни повороту, яку змогли вивести раніше, підставивши всі вхідні дані, можемо побудувати графік функції, по якому буде легше визначити максимально допустиму швидкість для людини, знаючи радіус кривизни повороту :

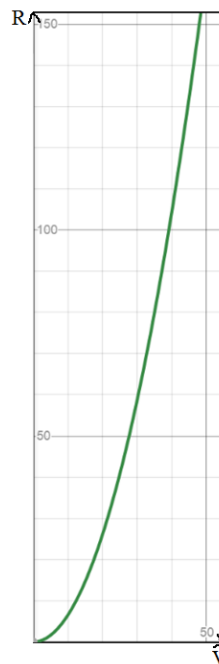


Рисунок 3.4 – Графік залежності максимально допустимої швидкості від радіусу кривизни повороту

Зрозуміло, що при програмуванні системи не має сенсу використовувати графік, тому буде використовуватись формула.

Маючи дану залежність, можна сказати, що розглядати швидкість, яка більше 50 см/с не має сенсу, оскільки для цього радіус кривизни має бути більше 1,5 м, а це робить трасу занадто довгою для проходження.

Тепер розглянемо ситуацію, що виникає, коли РП зіткнеться з перешкодою. Причому не має значення, якого роду дана перешкода. Це може бути інший РП, камінь, огорожа при повороті та інше. Для такого випадку формули (2.3) та (2.4) видозмінюються, оскільки $K=1$.

$$V_{кр}^2 = \frac{2g * I * J_{nx}}{M * H^2 * (1 - K)^2} * [1 - \sin(\alpha + \varphi_H)],$$

$$I^2 = H^2 + (I_1)^2, \varphi_H = 90^\circ - \alpha_{CT} = \arctg\left(\frac{H}{I_1}\right).$$

Оскільки $K=1$, дужка $(1-K)$ перетворюється на 0, а оскільки в знаменнику тільки операції множення, можна зробити висновок, що проходить ділення на 0, що не має сенсу. Тому для уникнення ситуації зіткнення, будемо використовувати сенсорний модуль РП та напишемо для реалізації функціоналу сенсорного модуля функцію у програмному забезпеченні РП.

3.2 Створення нової методики проходження маршруту

Умовно будь-який маршрут можна поділити на багато ділянок, які переходять одна в іншу. Наприклад, візьмемо маршрут, що використовувався, як легка траса для РП з датчиками лінії, а саме :

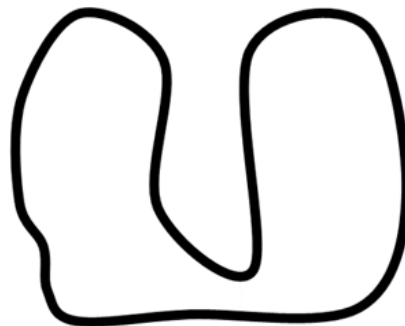


Рисунок 3.1 – Траса до ділення на ділянки

Якщо поділити ділянки на 3 умовні категорії :

- Пряма дорога

Це ділянка, на якій РП або зовсім не потрібно змінювати напрямок руху, або потрібно, але на настільки маленький кут, який не може вплинути не тільки на швидкість руху, але й на виникнення небезпечних факторів. Якщо на таких ділянках буде мінімальне відхилення від рівної лінії, то буде ігноруватись до того моменту, коли РП не зможе прямо проїхати цю ділянку без повороту.

– Поворот

Це ділянка, на якій РП необхідно різко змінити напрямок руху, через що РП необхідно сильно зменшити швидкість, щоб не виник небезпечний фактор. Найяскравіший приклад такого фактору у випадку ділянки маршруту типу поворот – втрата стійкості до перевертання.

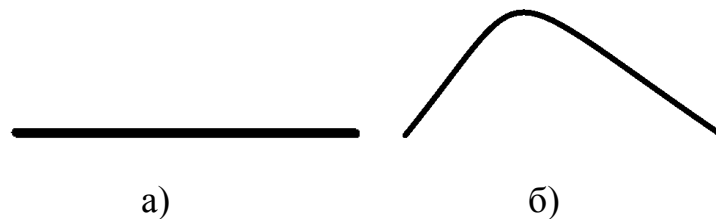


Рисунок 3.2 – Види ділянок на трасі :
а – пряма дорога, б – поворот

Якщо поділити трасу, яку ми взяли для прикладу, на ділянки, то отримаємо :

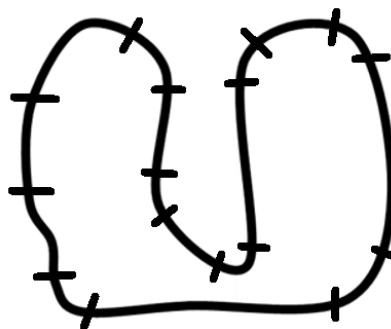


Рисунок 3.3 – Траса після ділення на ділянки

Тепер перейдемо до нової методики.

Заключається вона в тому, що РП буде рухатись по різному на різних ділянках шляху. Оскільки задачею створення як методики, так і системи, є оптимальне проходження маршруту, очевидно, що це неможливо, якщо на прямій ділянці траси не збільшити швидкість руху до максимальної.

Якщо казати про другий вид ділянок, то на ньому поведінка РП буде складнішою, оскільки необхідно не тільки успішно «ввійти в поворот», але й подолати його. Для цього у РП має бути швидкість, що не перевищує максимально допустиму, щоб не сталася втрата стійкості до перевертання та РП не покинув трасу внаслідок дуже великої швидкості при «входженні» в поворот, або неоптимальної різниці швидкості обертань колес різних бортів для подолання даної ділянки під час руху в межах самого повороту.

Тепер можна визначити алгоритм безпечного, а також оптимального проходження повороту. Для цього необхідно лише визначити гальмівний шлях, оскільки наступна ділянка – поворот, а для його подолання необхідно зменшити швидкість з максимальної до максимально допустимої.

$$d = \frac{v^2}{2 * \mu * g}. \quad (3.1)$$

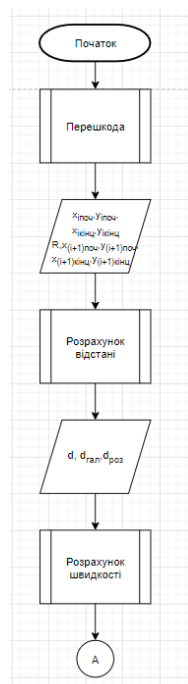


Рисунок 3.4 – Перша частина алгоритму оптимального проходження рівної дороги

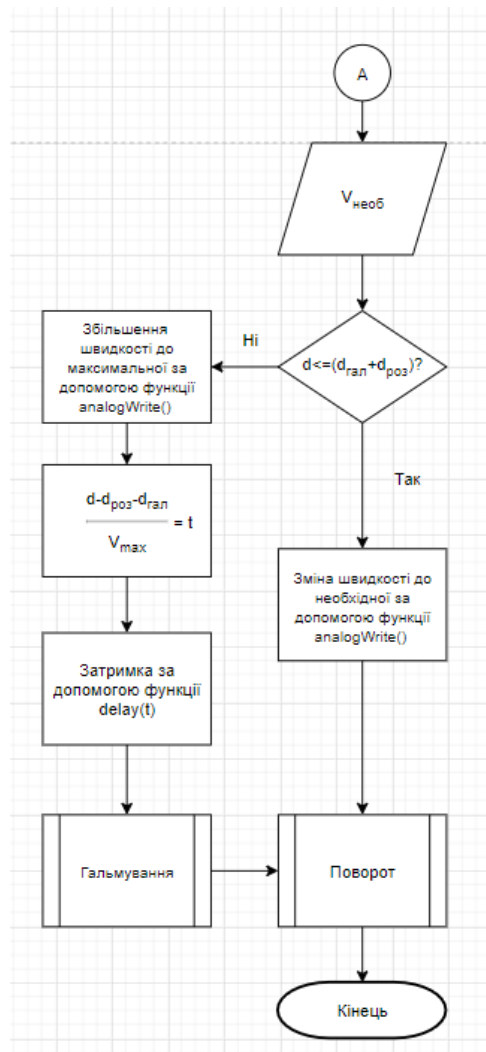


Рисунок 3.5 – Друга частина алгоритму оптимального проходження рівної дороги

Для повороту визначимо свій алгоритм руху, у початку якого буде так само викликатися функція Перешкода, яка перевіряє, чи є попереду перешкода та яка до неї відстань, а також визначається довжина ділянки, довжина шляху, яку подолає РП, поки зменшує швидкість до необхідної для подолання повороту в залежності від характеристик повороту. Все це визначається в функції Розрахунок відстані. Керування швидкістю РП відбувається за допомогою функції `analogWrite()`, параметрами якого є номер виходу плати та значення від 0 до 255, яке визначає, скільки часу напруга буде максимальна. При значенні 255 напруга максимальна постійно, тому швидкість збільшується до максимальної.

При значенні 127 напруга буде максимальною половиною часу, а другу – мінімальною. Тобто маємо широтно-імпульсну модуляцію :

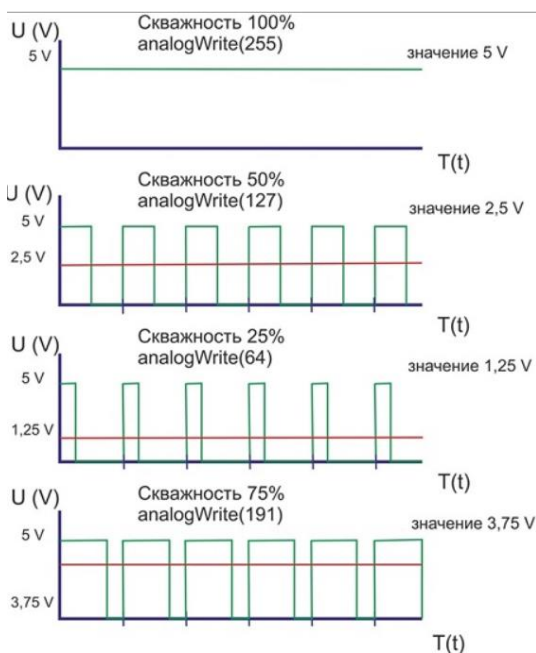


Рисунок 3.6 – Широтно-імпульсна модуляція, яка визначає функцію `analogWrite()`

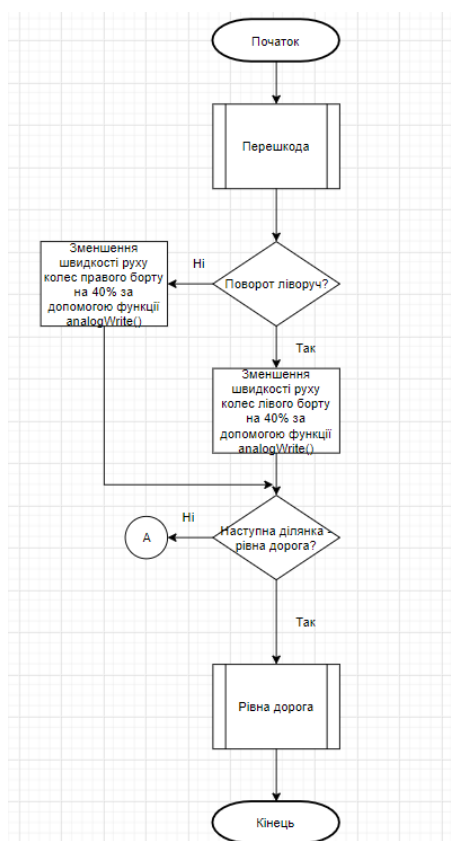


Рисунок 3.7 – Перша частина алгоритму оптимального проходження повороту

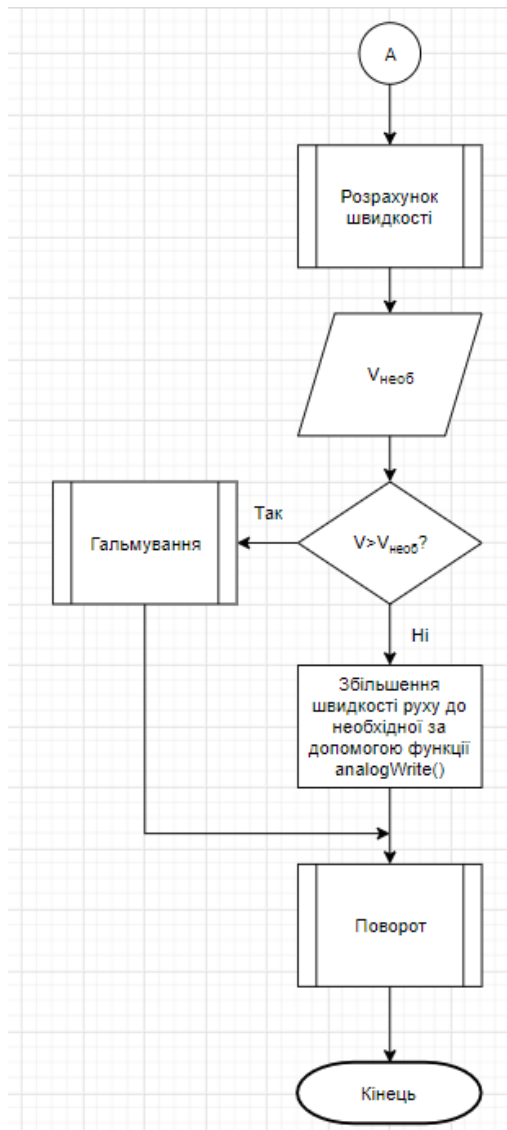


Рисунок 3.8 – Друга частина алгоритму оптимального проходження повороту

Оскільки у даному рівнянні зумовлене зменшення швидкості з тої, яка є на момент початку гальмування до нульової, є можливість змінити для нашого випадку. Тобто тепер будемо V у формулі розуміти, як різницю швидкості на початок гальмування та необхідної швидкості для подолання повороту.

Також сила тертя опорної поверхні в нашому випадку визначається для сухого асфальту (оскільки траса підготовлена), а вона дорівнює 0,5-0,7. Оскільки ми маємо визначати максимальний гальмівний шлях, щоб точно не зіткнутись з перешкодою, то візьмемо мінімальну силу тертя для розрахунків, тобто 0,5. Тому формулу (3.1) можна перетворити для нашого випадку, щоб було легше рахувати.

$$d = \frac{(V - V_{\text{необ}})^2}{g}. \quad (3.2)$$

При цьому максимальна швидкість на прямій ділянці шляху дорівнює 70 см/с, а після повороту – залежить від повороту, тому будемо використовувати швидкість, до якої мав зменшити РП, щоб «увійти» в поворот.

Використовуючи цю формулу, можемо визначати шлях гальмування для входження в кожний поворот, а завдяки цьому і визначати, чи є час для розгону до повної швидкості на прямій ділянці шляху. Якщо є, тоді маємо збільшити швидкість до максимальної, якщо ні – тоді маємо змінити швидкість відразу до необхідної для подолання наступного повороту.

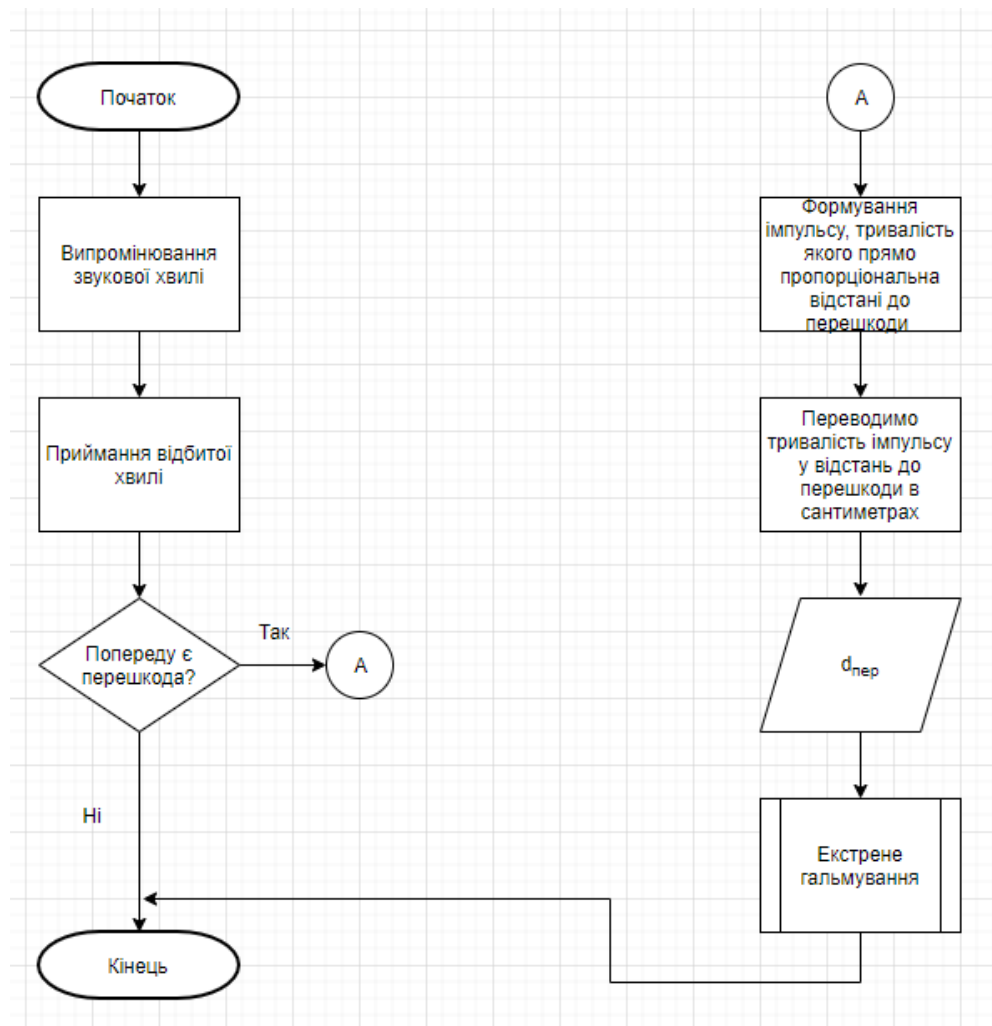


Рисунок 3.9 – Алгоритм функції *Перешкода*

Ця функція використовується на початку обох основних алгоритмів оптимального проходження маршруту (рівної дороги та повороту). Завдяки цій функції перевіряється, чи є перешкода попереду, а якщо є, то яка відстань до неї. Далі викликається функція Екстрене гальмування, яка використовується для уникнення зіткнення з перешкодою та входження в поворот, якщо відстані до початку повороту не вистачає для плавного гальмування.

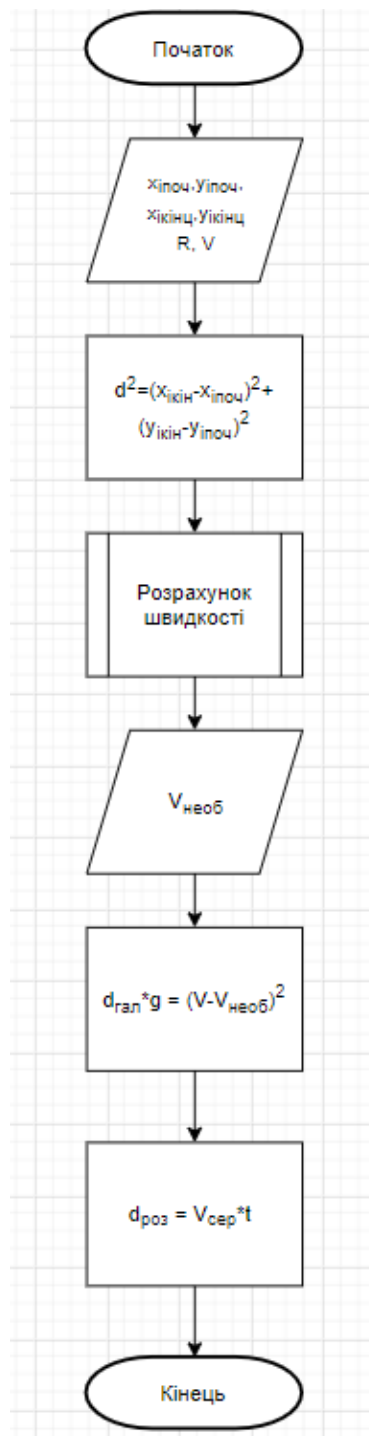


Рисунок 3.10 – Алгоритм функції *Розрахунок відстані*

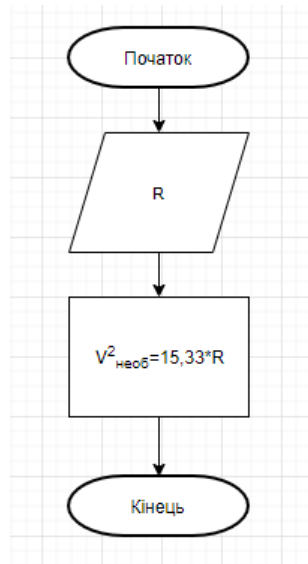


Рисунок 3.11 – Алгоритм функції *Розрахунок швидкості*

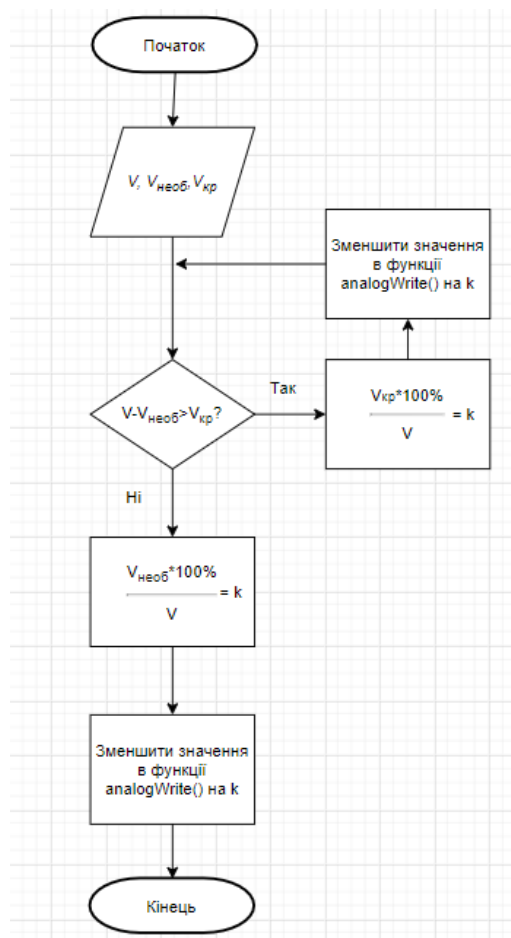


Рисунок 3.12 – Алгоритм функції *Гальмування*

Маючи всі ці алгоритми, можемо перейти до апаратної, а потім, і до програмної частини нової системи.

Висновок до розділу

У даному розділі розглянуті небезпечні ситуації, з якими може зіткнутись РП під час проходження маршруту та які можуть призвести до втрати керованості або перевертання, тобто до закінчення проходження маршруту з негативним результатом проходження, оскільки в результаті таких факторів РП покине трасу, або перевернеться, або вріжеться у перешкоду. Кожен з цих факторів призведе до того, що РП не зможе закінчити проходження маршруту. Завдяки цьому були використані необхідні для розрахунку величин, що необхідні для розмежування руху РП по трасі. Вони були використані під час створення нової методики проходження маршруту у вигляді відповідних алгоритмів функцій. Завдяки цьому їх можна запрограмувати для подальшого використання у вигляді повноцінної системи.

РОЗДІЛ 4 – СИСТЕМА ОПТИМАЛЬНОГО ПРОХОДЖЕННЯ МАРШРУТУ

4.1 Апаратна частина

4.1.1 Роботизована платформа

Відповідно до завдання створення системи оптимального проходження маршруту, вона має бути для РП з платою Arduino. Тобто конфігурація РП, для якого пишеться дана система, не відрізняється від стандартної, за винятком додаткових елементів, призначених чи полегшити виконання деяких функцій, чи додавання абсолютно нових, на які РП зі стандартною конфігурацією не здатен.

Роботизована платформа представляє собою платформу на 4 колесах, які обертаються за допомогою серводвигунів, які розташовані поруч. Кожне колесо обертається за допомогою свого власного серводвигуна, тому очевидно, що серводвигунів, як і коліс, всього 4. Хоча для роботи за тим самим принципом достатньо всього 2 серводвигунів, по 1 на кожен борт, для управління всіма 4 колесами. Проте, конфігурація з 4 серводвигунами має свої власні переваги, якщо порівнювати з конфігурацією з 2 серводвигунами. Наприклад, є можливість забезпечити швидкість, що перевищує швидкість конфігурації з 2 серводвигунами, а також існує можливість більш тонкого налаштування частоти обертання коліс, за рахунок чого можливо більш плавно «входити» в поворот, оскільки за необхідності можливо вказати різні значення швидкості обертання переднього та заднього колеса одного борту. Хоча для забезпечення цієї переваги необхідно не тільки мати хороші знання про РП, але й мати можливість використати ці знання на практиці. Тобто конфігурація РП з 4 серводвигунами є більш гнучкою з можливістю більш «тонкого» налаштування швидкостей обертання коліс.

Для початку розглянемо зовнішній вигляд роботизованої платформи :



а)

б)



в)

г)

Рисунок 4.1 – Зовнішній вигляд роботизованої платформи :
а – ззаду, б – збоку, в – згори, г – попереду

Тепер, для розуміння всіх етапів принципу роботи необхідно визначити компоненти, з яких складається роботизована платформа та які забезпечують її роботу та функції. За рахунок визначення компонентів та конфігурації є можливість визначити, на що здатен РП без програмного забезпечення. Мається на увазі чого можливо досягти, якщо буде програмне забезпечення, оскільки виконання деяких функцій можливе лише за умов наявності компонента (модуля), а також програмного забезпечення, що буде враховувати наявність даного компонента.

Для цього поглянемо на компоненти роботизованої платформи в даній конфігурації :

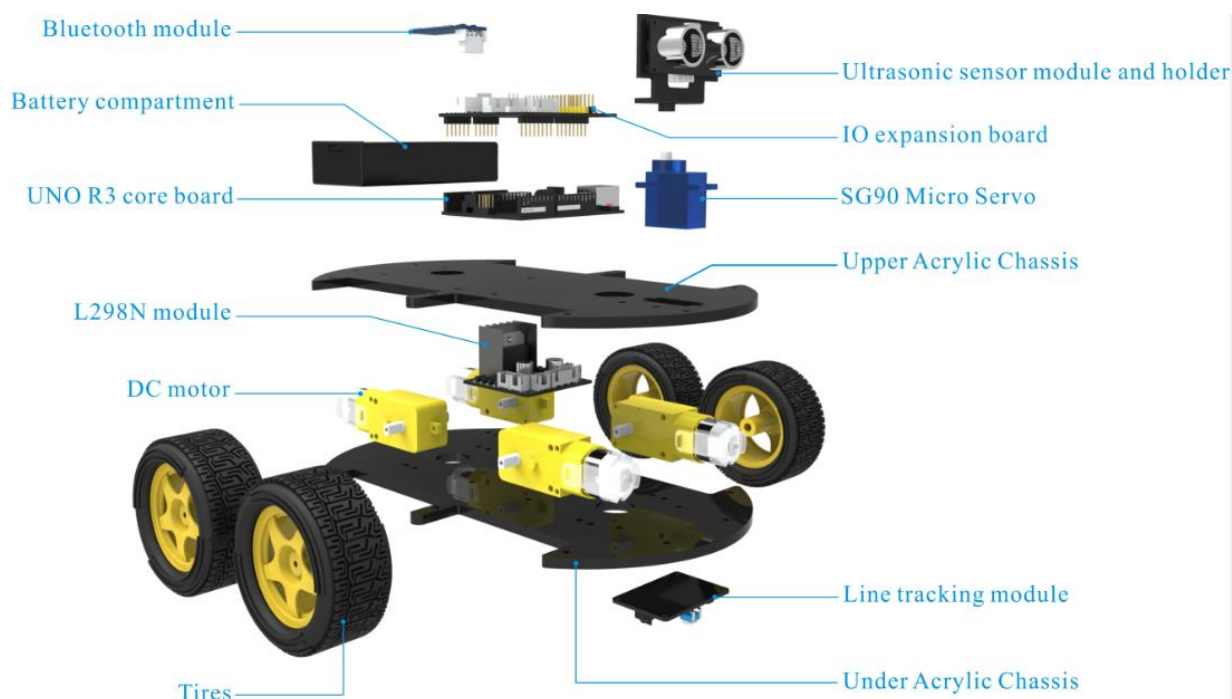


Рисунок 4.2 – Комплектуючі роботизованої платформи

Таблиця 4.1 – Комплектуючі роботизованої платформи

Bluetooth модуль (для зв'язку з комп'ютером для передачі програми на плату мікроконтролера Arduino)	Сенсорний модуль (для отримання відео-інформації з навколишнього світу)
Батарея	Плата розширення входу/виходу (бере декілька контактів та розгалужує їх на більшу кількість контактів)
Плата мікроконтролера Arduino UNO R3 (сюди записується програма, завдяки якій проходить керування роботизованою платформою)	Серводвигун SG90
L298N модуль (для контролю двигунів)	Верхні акрилові шасі
Електродвигун постійного струму	Модуль лінії (для можливості проходження по лінії)
Колесо	Нижні акрилові шасі

За допомогою комплектуючих, з яких складається роботизована платформа, стає доволі простим принцип роботи. Роботизована платформа за допомогою кабелю підключається до комп'ютера, програма для керування записується на плату мікроконтролера, яка керує РП. Далі інформація передається на модуль L298N, який призначений для задання вихідної потужності, завдяки якій

буде обертатися колесо. Тобто, іншими словами модуль L298N контролює швидкість обертання коліс РП.

Для нашого завдання достатнім буде конфігурація без модуля лінії та сенсорного модуля. Проте, вони можуть розширити функціонал роботи системи, оскільки вона планується лише для оптимального проходження деякого маршруту та не планувалося, щоб було щось ще. Проте було вирішено додати ці 2 модуля для розширення функціоналу РП.

Сенсорний модуль дає можливість визначати, чи не має попереду перешкоди (перед додаванням даного модуля сприймалося, що перешкоди бути не може, оскільки траса підготовлена).

Модуль лінії був доданий для можливого розширення самого функціоналу системи. Тобто якщо немає інформації про маршрут в конфігурації зумовлене керування РП за допомогою модуля лінії, хоча в системі це не зумовлене.

Важливо помітити, що з фактичної точки зору РП взагалі не має можливості повернутися напрому. Зміна напрямку відбувається посередньо, за допомогою можливості встановити різну швидкість обертання коліс на бортах. Тобто є можливість зробити обертання коліс правого борту трохи частішим, ніж обертання коліс лівого борту. За рахунок цієї різниці РП почне поворот наліво. А величина цієї різниці в частоті обертання коліс визначає швидкість, з якою РП поверне в необхідно сторону.

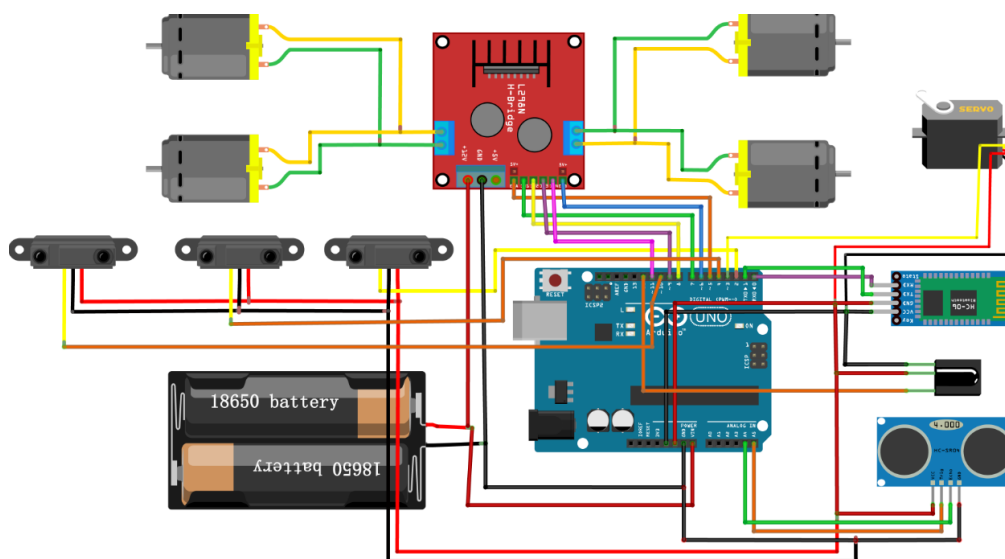


Рис 4.3 – Провідне з'єднання

З рис. 4.3 видно, яким чином пов'язані комплектуючі РП за допомогою провідного з'єднання.

4.1.2 Огляд мови програмування

Для того, щоб належним чином керувати РП, необхідно написати програму, яку потім передати на плату, з якої і буде передаватись інформація для подальшого керування РП. [№3]

Для початку визначимо, що ж таке Arduino та коротко його історію.

Не буде помилкою сказати, що з початку створення мікроконтролери змінили життя людей, ознаменували новий час у розвитку техніки. З самого початку мікроконтролери планувалося використовуватися використовувати, як звичайні комп'ютери, проте для цього необхідні як знання в багатьох напрямках, пов'язаних зі створенням техніки : знати принципи роботи комплектуючих, які комплектуючі між собою будуть погано з'єднуватись і т. д. Це вже не кажучи про те, що мало просто зібрати, необхідно ще й написати програму, необхідну для конкретного випадку, на асемблері. Це якщо забути про те, що знадобляться багато допоміжних пристроїв. Тобто можна сказати точно, що бажання щось створити своїми руками з мікроконтролера без належних знань та необхідних пристроїв, так і залишиться лише бажанням. Тому зовсім небагато людей могли взагалі використовувати мікроконтролери в своїх проектах.

Проте зараз цей факт змінився, оскільки на наш час існують прилади, які допомагають працювати з мікроконтролером навіть не маючи велику кількість допоміжних приладів та знань в цій і пов'язаних з нею областях.

Arduino – це набір з електронного блоку та програмного забезпечення для нього. Електронний блок - звичайна плата, на якій розташовані мікроконтролер та необхідний для роботи мінімум елементів. Тобто електронний блок являється, по своїй суті, тим самим, що й материнська плата в комп'ютері. На електронному блоку є роз'єми, необхідні як для підключення комп'ютера для

програмування, так і для підключення додаткових елементів, яких немає в базовій конфігурації, але які можуть знадобитись у конкретному випадку. Наприклад, ті елементи, що підключені до РП у нашому випадку, тобто сенсорний модуль, а також модуль лінії. Деякі мікроконтролери ще й можна програмувати без додаткових пристроїв. Лише плата, кабель для зв'язку з комп'ютером та сам комп'ютер. Хоча взагалі цього недостатньо, оскільки для створення програми на комп'ютері необхідне ще й програмне забезпечення, на якому можна створювати програми для плат Arduino. Мова програмування, на якій пишуть програми для плат Arduino дуже схожа на такі мови, як C та C++, а оскільки багато команд по синтаксису та функціям така ж, то для програмування РП, необхідні лише плата, кабель, комп'ютер, програмне забезпечення та базові навички програмування на мовах C та C++.

Основними перевагами Arduino є те, що для роботи з ним, нема необхідності в знаннях про функціонал складових елементів та про сам пристрій в цілому. Також нема необхідності знати, як збирати плати, оскільки на тих платах, що можна купити, є все необхідне, а додаткові елементи, які можна легко підключити до плати, продаються. Тому поріг для створення свого власного пристрою на базі Arduino дуже низький, достатньо на наш час мати бажання, трохи грошей та базові навички програмування.

Перейдемо до історії створення Arduino.

В 2002 році програміст Банци Массимо був прийнятий на роботу в Інститут проектування з ціллю просувати нових способів розробки проектів. Проте, на жаль, грошей та обмеженого часу не вистачило для конкретних результатів у його роботі. Через обмеженість бюджету Банци був незадоволений платами, які використовував у своїй роботі, оскільки вони не тільки мали обмежену потужність обрахунків, але й необхідно було заплатити немаленьку ціну за кожную плату BASIC Stamp. Тому Банци та його команда вирішили піти іншим шляхом – спроектувати власну плату, яка не була б такою дорогою, а по можливості, мала б більшу потужність обрахунків. Також, зрозуміло, необхідно ще й було створити нову платформу, яку Банци та його команда вирішили зробити не

тільки вільну для використання, але ще й з маленьким порогом входу для нових користувачів.

Продукт, який став результатом роботи Банци та його команди не тільки мав багато виходів, був недорогим в розробці, але й працював по принципу plug-and-play, тобто після підключення до комп'ютера з нею можна було відразу почати працювати.

Перший прототип цієї плати був створений в 2005 році. Зрозуміло, що навіть без реклами, плата, яка настільки опереджувала конкурентів, швидко стала популярною.

П'ятдесят років назад для написання програмного забезпечення необхідна була ціла команда спеціалістів, що знали б усе про електронні лампи. Проте з появою плати Arduino це змінилося. Тому зараз для цього достатньо лише одного ентузіаста, якому нема необхідності бути спеціалістом в якійсь сфері.

4.1.3 Плата Arduino та плати розширення

В нашому РП використовується плата сімейства UNO – UNO R3. Структура такої плати показаний нижче.

Цифрові виводи плати можуть працювати, як входи, так і як виходи. Виводи Arduino настроєні на вхід. Такі виводи знаходяться в стані, при якому дає надто маленьке навантаження на схему, до якої він підключений. При взаємодії з маленьким значенням струму можна перевести вивід з одного стану в інший. Зрозуміло, що у випадку, коли до виводу нічого не підключено, то значення на ньому будуть випадковими. Це пов'язано з електричними завадами.

Якщо ж виводи настроєні на вихід, то знаходяться в протилежному стані, тобто можуть пропускати через себе достатньо високий струм.

Також, крім цього, в платах Arduino є АЦП. Аналогові виводи можуть використовуватись і як цифрові, хоча для чого – незрозуміло, оскільки цифрових виводів на платі доволі багато – 14.

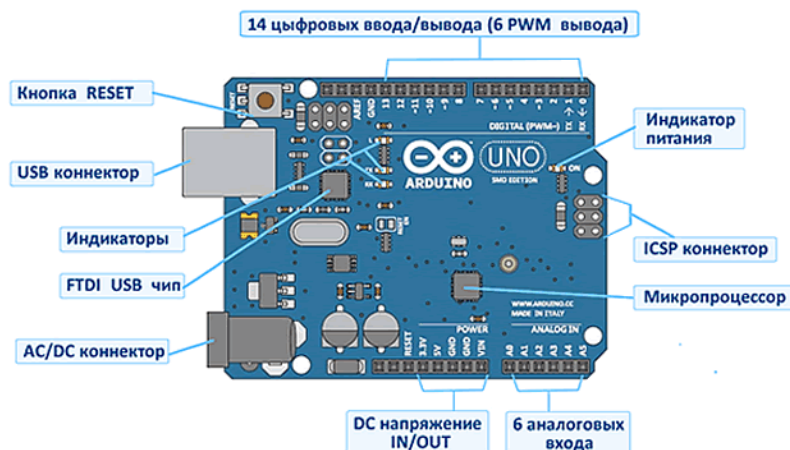


Рисунок 4.4 – Структура плати Arduino UNO R3

Особливу популярність плата Arduino отримала за плати розширення, оскільки вони додавали оригінальній платі Arduino додатковий функціональність. Є багато плат розширення, кожна з яких має власний ефект. Наприклад, дає можливість зв'язку з Інтернетом, відтворення звуку, дає можливість безкабельного зв'язку декількома приладами Arduino, та багато інших, оскільки їх різновиди і кількість постійно збільшуються. Зрозуміло, що хочеться під'єднати якомога більше плат розширення навіть якщо вони не потрібні для вирішення конкретної задачі. Через це плата Arduino починає виглядати як справжня вежа завдяки великій кількості плат розширення, розташованих на ній :

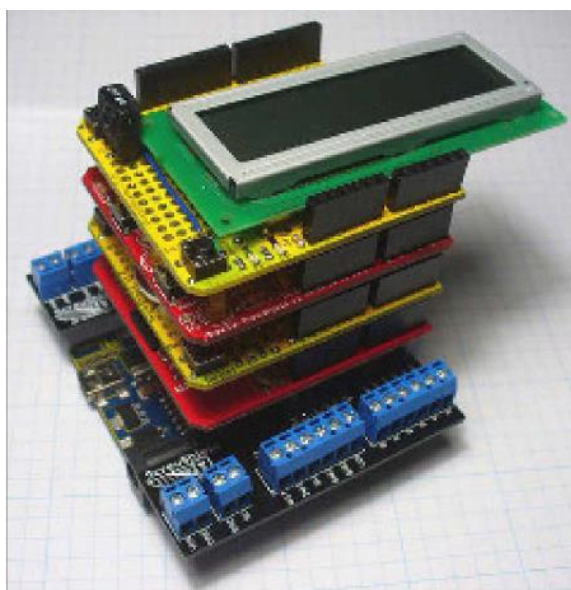


Рисунок 4.5 – Структура установи плат розширення для Arduino

4.1.4 Платформа програмування Arduino IDE

Тепер поговоримо про платформу, на якій можна створювати програми для плат Arduino. Називається вона Arduino IDE. Як вже писалося раніше ця платформа програмування абсолютно безкоштовна та знаходиться у вільному доступі. Після встановлення її можна запустити, відчиниться таке вікно :

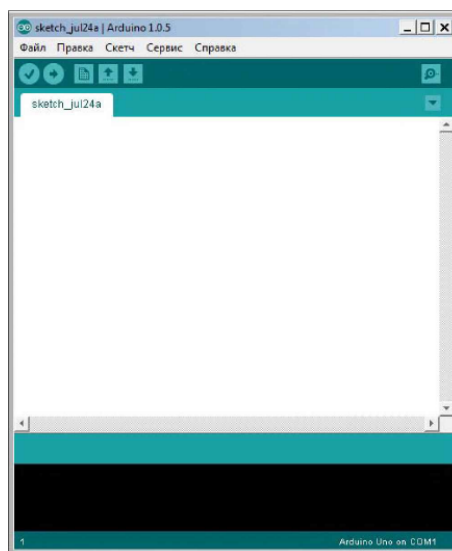


Рисунок 4.6 – Arduino IDE – платформа програмування

Програма, написана в цій платформі програмування носить назву скетч. Скетч пишеться в текстовому редакторі, що має цвітне підсвічування різних команд створеного програмного коду для того, щоб як свій, так і чужий програмний код сприймати було набагато легше.

Зрозуміло, що для скетчів часто необхідний додатковий функціонал, який можна отримати, підключивши бібліотеку. Підключається вона так само, як і мові програмування C – за допомогою команди `include`.

Підключивши бібліотеку, компілюватися програма буде з нею, завдяки чому будуть сприйматись команди, які є у цій бібліотеки, але які неможливо використовувати у чистому скетчі.

Після написання програми для її завантаження на плату необхідно вибрати в скетчі плату Arduino, вибрати порт, а далі використовується завантажник (bootloader), тобто невеличка програма, яка завантажується в мікроконтролер на

платі. Завдяки цій програмі стає можливим завантаження програм без використання додаткових апаратних засобів.

Програми для плати Arduino пишуться на мові Wiring, хоча як її, так і компілятора Wiring не існує взагалі. Це ілюзія, насправді програми на мові Wiring перетворюються в програми на мову C, а далі компілюється.

Приклад програми для плати Arduino можна побачити нижче :

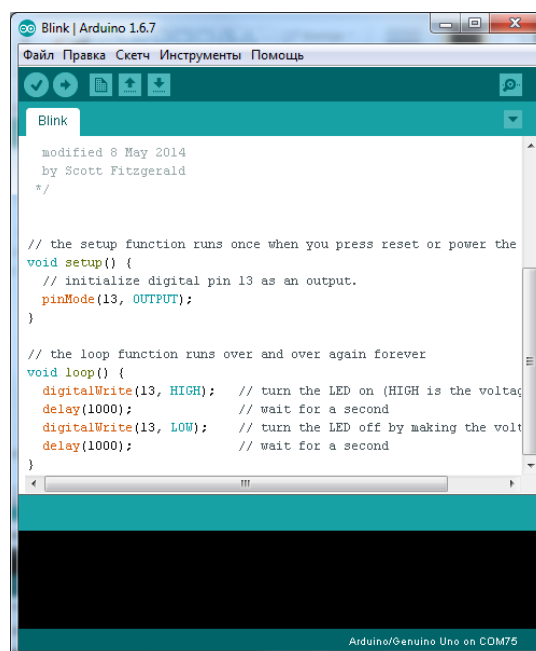


Рисунок 4.7 – Приклад програми для плати Arduino

Як можна зрозуміти, на рис.4.7 зображена програма, яка змушує світлодіод, підключений до цифрового виводу 13 блимати на секунду з секундним інтервалом.

Висновок до підрозділу

У даному підрозділі розглянуто апаратну частину самої системи, а саме РП, було виділено компоненти, з яких він складається, основний функціонал РП, який було отримано за допомогою відповідних компонентів його конфігурації, модуль, для якого зараз не буде створено програмного забезпечення для використання їх можливостей у відповідних задачах, а також як саме програмувати РП. Завдяки цьому стає можливим написати функції на основі алгоритмів створеної раніше методики, що використовують більшість компонентів РП для

його оптимальної роботи по проходженню маршруту створити програмне забезпечення для даного РП.

4.2 Програмна частина

Оскільки всі алгоритми маємо, тепер залишилося лише запрограмувати нову систему оптимального проходження.

Для початку маємо отримати вхідну інформацію. Вона буде отримуватися за допомогою 2 масивів, на вхід яких буде подаватись інформація у вигляді :

1 масив – координати точок початку, кінця, вид ділянки. Якщо вид ділянки – 2, тобто поворот, тоді необхідно ввести інформацію у 2 масив.

2 масив – радіус кривизни, а також кут повороту.

Важливо помітити, що сторона, у яку необхідно повернути, визначається за допомогою кута. Якщо кут більше 0, тоді повертати РП буде праворуч, якщо менше – ліворуч.

Також важливо помітити, що хоча наступною ділянкою після рівної дороги не може бути рівна дорога (оскільки вони мають бути об'єднані в одну ділянку), але наступною ділянкою після повороту може бути як рівна ділянка, так і поворот.

```
#define NumberOfSections 5;
int SectionsOfRoad[NumberOfSections+1][3];
SectionsOfRoad = {{0,0,0},{5,0,1},{3,2,0},{9,2,1},{7,0,0},{3,1,1}};
int NumberOfTurns;
for(int i=0;i<=NumberOfSections;i++)
{
    if(SectionsOfRoad[i][3]>0) NumberOfTurns = NumberOfTurns+1;
}
int turns = 0;
double InfoAboutTurn[NumberOfTurns][2];
InfoAboutTurn[][] = {{3,1.792},{6,3.158}};

double d, d_roz, d_gal;
```

Рисунок 4.8 – Вхідна інформація про маршрут

Тепер запрограмуємо додаткові функції, необхідні для роботи 2 алгоритмів оптимального проходження рівної дороги та повороту, які будуть відповідати за гальмування РП перед поворотом, а також при виявленні перешкоди, виявлення перешкоди, а також розрахунок необхідної швидкості, яку необхідно досягти, щоб успішно пройти поворот. Крім того, буде додаткова функція розрахунок, яка буде допомагати при виявленні перешкоди, завдяки якій буде вирішуватися, яке гальмування буде використовуватись (просте чи екстрене).

```
digitalWrite(PIN_TRIG, LOW);
delayMicroseconds(5);

digitalWrite(PIN_TRIG, HIGH);
delayMicroseconds(10);
digitalWrite(PIN_TRIG, LOW);

duration = pulseIn(PIN_ECHO, HIGH);
cm = (duration / 2) / 29.1;

delay(250);
```

Рисунок 4.9 – Функція *Перешкода*

```
void Calculate(int i, double V)
{
    int x = SectionsOfRoad[i+1][1]-SectionsOfRoad[i][1];
    int y = SectionsOfRoad[i+1][2]-SectionsOfRoad[i][2];
    d = sqrt(x^2+y^2);
    double speed = (V-CalculateSpeed(InfoAboutTurn[turns][1]))^2;
    d_gal = speed/9.81;
    d_roz = 35*256*50;
}
double CalculateSpeed(int R)
{
    double V = sqrt(15.33*R);
    turns++;
    return V
}
```

Рисунок 4.10 – Функція *Розрахунок*

```
void Slowdown(double V, double CalculatedSpeed, double CriticalSpeed)
{
    bool plus = false;
    double k;
    while(V-CalculatedSpeed>CriticalSpeed)
    {
        k = CriticalSpeed/V;
        ChangeSpeed(k,plus);
    }
    k = CalculatedSpeed/V;
    ChangeSpeed(k,plus);
}
```

Рисунок 4.11 – Функція *Гальмування*

Тепер можна написати функції для оптимального проходження рівної дороги та повороту :

```
void Straight road()
{
    Barrier();
    Calculate(i);
    double V = CalculateSpeed(InfoAboutTurn[turns][1]);
    double speed = V/V_max*max_speed;
    bool plus = true;
    if(d<=d_gal+d_roz) ChangeSpeed(speed,plus);
    else
    {
        ChangeSpeed(max_speed,plus);
        double t = (d-d_gal-d_roz)/V_max;
        delay(t);
        Slowdown(V_max,V,30)
    }
    Turn();
}
```

Рисунок 4.12 – Функція оптимального проходження рівної дороги

```
void Turn()
{
    Barrier();
    bool plus;
    if(InfoAboutTurn[turns][1]>0)PIN = 8;
    else PIN = 11;
    double speed = V/V_max*max_speed;
    speed = speed*0.6;
    analogWrite(speed,PIN);
    if(SectionsOfRoad[sections][2]<1)
    {
        turns++;
        sections++;
        StraightRoad();
    }
    else
    {
        double V = CalculateSpeed(InfoAboutTurn[turns][0]);
        double V1 = CheckSpeed();
```

Рисунок 4.13 – Функція оптимального проходження повороту

За рахунок розроблених функцій, взаємодіючих між собою під час роботи РП, можна показати схематичний вигляд системи з модулів, які відповідають відповідним функціям.



Рисунок 4.14 – Схематичний вигляд системи

Висновок до підрозділу

У даному підрозділі створені відповідні частини програмного коду, що відповідають вводу необхідної інформації про ділянки маршруту, необхідні функції, що в свою чергу відповідають алгоритмам, розроблений під час створення нової методики оптимального проходження маршруту РП. Завдяки цій системі можна керувати РП під час проходження маршруту без необхідності у операторі, що буде спостерігати за процесом проходження.

Оскільки раніше був вказаний модуль, для якого не було створено відповідного програмного функціоналу, дану систему можна розширити, якщо написати програмне забезпечення для даного модуля та забезпечити роботу даного функціоналу зі створеною системою керування РП під час проходження маршруту.

РОЗДІЛ 5 – РОЗРОБКА СТАРТАП-ПРОЕКТУ

5.1 Опис ідеї проекту

Ідея проекту полягає у створенні системи автоматичного керування роботизованої платформи для оптимального проходження маршруту. Призначення системи – керування роботизованою платформою під час проходження різних ділянок маршруту для виконання поставлених задач. А саме:

- повне проходження маршруту;
- плавна зміна швидкості та напрямку руху для зберігання стійкості керування та стійкості від перевертання;
- зупинка при виявленні перешкоди.

Таблиця 5.1 - Опис ідеї стартап-проекту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
Система автоматичного керування роботизованої платформи для оптимального проходження маршруту.	Транспортування товарів з однієї точки в іншу.	Автономне керування роботом під час проходження маршруту.
	Перехід з однієї точки в іншу за найменший час.	Оптимізація руху робота на деякій трасі.

На ринку існує аналог подібної системи, створеної на базі методу проходження маршруту за допомогою датчиків лінії та нейронної мережі. Цей аналог основний, оскільки всі інші аналоги не мають подібної точності та швидкості проходження. Проте ця система потребує довгого навчання нейронної мережі, а також прокладання маршруту для роботи датчиків лінії. Розроблена система більш універсальна, не потребує нейронної мережі та, відповідно, навчання.

Тому доцільно проводити аналіз потенційних техніко-економічних переваг ідеї порівняно з пропозиціями конкурентів. Результат аналізу у таб. 5.2 та 5.3.

Таблиця 5.2 - Визначення характеристик ідеї проекту

№ п/п	Техніко- економічні характеристики ідеї
1.	Керування роботизованою платформою.
2.	Оптимальне проходження ділянок маршруту.
3.	Зупинка перед перешкодою.

Таблиця 5.3 – Головні конкуренти

(потенційні) товари/концепції конкурентів				W (слабка сторона)	N (нейтральна сторона)	S (сильна сторона)
Проект	Конку- рент 1	Конку- рент 2	Конку- рент 3			
Система автоматичного керування РП для проходження маршруту.	Система проходження маршруту на базі нейронної мережі.	відсутній	відсутній	Наявність подібної системи.	Система керує РП без необхідності в операторі.	Головний конкурент має менш універсальну систему.
				Відсутність безумовних переваг перед конкурентом.		Можливість розширення системи для роботи в інших ситуаціях та для інших задач.

Ідея проекту є актуальною, можна виділити вагомі переваги для споживачів системи. Перелічені техніко-економічні характеристика, слабкі, нейтральні та сильні сторони дають підставу вважати, що проект може мати успіх.

5.2 Технологічний аудит ідеї проекту

Для проведення технічного аудиту ідеї проекту, потрібно провести аудит технологій, за допомогою яких можна реалізувати ідею проекту. І для початку потрібно визначити можливість технологічної здійсненості проекту. Результат представлений у таб. 5.4.

Таблиця 5.4 – Технологічна здійсненність ідеї проекту

№ п/п	Ідея проекту	Технології реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
1.	Система автоматичного керування РП для проходження маршруту.	Технологія Arduino для керування РП з використанням гнучких алгоритмів.	Технологія наявна	Технологія доступна.

Технологічна реалізація проекту можлива.

Обрана технологія доступна, не потребує доробки, а також безкоштовна та надає усі необхідні можливості для реалізації поставленої задачі. Для розробки з використанням даної технології необхідно мати персональний комп'ютер для можливості встановлення робочого середовища Arduino IDE.

5.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту

5.3.1 Аналіз попиту: наявність попиту, обсяг, динаміка розвитку ринку

Визначення ринкових можливостей, які можна використати під час ринкового впровадження проекту, та ринкових загроз, які можуть перешкодити реалізації проекту, дозволяє спланувати напрями розвитку проекту із урахуванням стану ринкового середовища, потреб потенційних клієнтів та пропозицій проектів-конкурентів. Для цього спочатку проводиться аналіз попиту.

Таблиця 5.5 – Попередня характеристика потенційного ринку стартап-проекту

№ п/п	Показники стану ринку (найменування)	Характеристика
1	Кількість головних гравців, од	Автори алгоритмів, технічна підтримка, розробники, користувачі
2	Загальний обсяг продаж, грн/ум.од	300 тис.грн.
3	Динаміка ринку (якісна оцінка)	Зростає

4	Наявність обмежень для входу (вказати характер обмежень)	Наявність конкурентів
5	Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	Система повинна відповідати вимогам, які диктують користувачі.
6	Середня нормарентабельності в галузі (або по ринку), %	7%

Проект є привабливим для входу на ринок.

Надалі визначаються потенційні групи клієнтів, їх характеристики, та формується орієнтовний перелік вимог до товару для кожної групи (таб. 5.6). Після визначення потенційних груп клієнтів проводиться аналіз ринкового середовища: складаються таблиці факторів, що сприяють ринковому впровадженню проекту, та факторів, що йому перешкоджають.

Результати представлені у таб. 5.7 та 5.8 відповідно.

Після аналізу конкуренції проводиться більш детальний аналіз умов конкуренції в галузі (таб. 5.10) - за моделлю п'яти сил М. Портера, яка вирізняє п'ять основних факторів, що впливають на привабливість вибору ринку з огляду на характер конкуренції:

- конкурент, що вже є у галузі;
- потенційні конкуренти;
- наявність товарів-замінників;
- постачальники, що конкурують за ринкову владу;
- споживачі, які конкурують за ринкову владу.

5.3.2 Визначення груп потенційних клієнтів

Таблиця 5.6 – Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту

№ п/п	Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку)	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів до товару
-------	--------------------------	--	---	-----------------------------

	Потреба в автоматичному транспортуванні товарів.	Малі підприємства	Малі підприємства націлені на автоматизацію бізнес процесів, спрощення роботи без витрат на персонал.	Прийнятна цінова політика.
	Потреба в стандартизованій системі керування.	Середні підприємства	Середні підприємства націлені на автоматизацію бізнес процесів, розширення функціоналу.	Більша ефективність.
	Потреба в автоматизації процесу транспортування.	Великі підприємства	Великі підприємства націлені на автоматизацію бізнес процесів, зменшення витрат на обслуговування та виробництво.	Адаптивність системи до різних типів підприємств.

Визначена характеристика дозволяє зробити висновок, що проект знайде свого покупця, а за рахунок подальшого масштабування та адаптації проект може стати універсальним рішенням.

5.3.3 Аналіз ринкового середовища

Таблиця 5.7 – Фактори загроз

№ п/п	Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
1.	Недостатня розвиненість інвестиційної діяльності у країні.	Коштів може бути не достатньо для реалізації задуманої ідеї.	Пошук компаній, які готові бути партнерами, волонтерів, вітчизняних розробників. Рекламу партнерської продукції.
2.	Зростання вимог споживачів.	З впровадженням системи вимоги до неї можуть змінюватись.	Реалізація оновлень до систем.

Таблиця 5.8 – Фактори можливостей

№ п/п	Фактор	Зміст можливості	Можлива реакція компанії
1.	Зацікавленість інвесторів	Інвестори можуть бути зацікавлені у нестандартному підході реалізації та вирішенні проблеми.	Зацікавленість інвесторів може допомогти залучити експертів для розробки ефективного і надійного ПЗ.
2.	Новизна ідеї	Незвичайна ідея може залучити нових партнерів.	Налагодження зв'язків, залучення нових партнерів.
4.	Нові проекти	На базі запропонованої ідеї можна розробити додаткові проекти.	Активна роль у розвитку нових гілок справи, які можуть збільшити прибуток.

Стартап-проект можна впроваджувати на ринок.

Надалі проводиться аналіз пропозиції – визначаються загальні риси конкуренції на ринку (таб. 5.9): визначаються тип можливої майбутньої конкуренції та її інтенсивність, рівень конкурентоспроможності за рівнем конкурентної боротьби, видами товарів і галузевою ознакою.

5.3.4 Аналіз пропозиції

Таблиця 5.9 – Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

Особливості конкурентного середовища	Вчому проявляється дана характеристика
1. Вказати тип конкуренції - монополія/олігополія/ монополістична/чиста	Монополістична
2. За рівнем конкурентної боротьби - локальний/національний/...	Національний
3. За галузевою ознакою - міжгалузева/ внутрішньогалузева	внутрішньогалузева
4. Конкуренція за видами товарів: - товарно-родова - товарно-видова	Товарно-родова

5. За характером конкурентних переваг - цінова / нецінова	нецінова
6. За інтенсивністю - марочна/немарочна	немарочна

Конкуренція для реалізації проекту на ринку прийнятна.

5.3.5 Аналіз умов конкуренції в галузі 5 сил М. Портера

Таблиця 5.10 – Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером

Складові аналізу	Прямі конкуренти в галузі	Потенційні конкуренти	Постачальники	Клієнти	Товари-замінники
	Аналогічна система на ринку.	Нові системи на ринку	Розробники бібліотек, фреймворків та алгоритмів, які можна використовувати у розробках.	Можливість гнучкого впровадження системи.	Аналогічні системи
Висновки:	Так як розроблена система має функціональні переваги та потенціал розвитку, то інтенсивність щодо боротьби припускає.	Враховуючи, що при впровадженні таких систем не має стартових пропозицій, то бар'єр для входу на ринок прийнятний.	Постачальники не диктують умови на ринку, а лише надають інструмент для реалізації.	Головними умовами є вирішення поставленої ним задачі. Клієнти диктують умови на ринку.	Обмеження на ринку з боку товарів-замінників – мінімальна.

Висновок: проект може бути впроваджений на ринку з огляду на конкурентну ситуацію.

Перелік факторів конкурентоспроможності :

- Гнучкість використання: система може бути адаптована на нові вимоги ринку.
- Продуктивність: запропонована система не використовує

нейронну мережу та може бути вдосконалена під конкретну задачу та ситуацію.

- Новизна – створення повноцінної системи автоматичного керування для РП.

Зазначені фактори надають проекту можливість виходу на ринок, так попиту споживачів.

5.3.6 Аналіз сильних та слабких сторін стартап-проекту

Таблиця 5.11 – Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Бали	Прямі конкуренти	Система автоматичного керування РП.
1	Гнучкість використання	1-20	5	15
2	Продуктивність	1-20	15	10
3	Новизна	1-20	10	20
			30	45

Інтелектуальна система автоматизованого складу вище завдяки гнучкості та новизні запропонованого рішення.

5.3.7 SWOT-аналіз

Фінальним етапом ринкового аналізу можливостей впровадження проекту є складання SWOT-аналізу (Strength, Weak, Opportunities, Troubles) (таб. 5.12) на основі виділених ринкових загроз та можливостей, та сильних і слабких сторін.

Таблиця 5.12 – SWOT- аналіз стартап-проекту

Сильні сторони стартап-проекту	Слабкі сторони стартап-проекту
Маркетинг	
Налагодження партнерських зв'язків, просування продукту на вітчизняному ринку.	Недостатній імідж на ринку.
Розробка	

Застосування новітніх технологій при розробці.	Не оптимальність алгоритмів
Персонал	
Ефективна кадрова політика, професійність та кваліфікованість кадрів, залучення українських розробників та міжнародних експертів.	Відсутність достатнього досвіду.
Дослідження та розробки	
Постійне оновлення продукції, дослідження направлені на покращення якості системи.	Можливі додаткові витрати на навчання персоналу при розробках.
Фінанси	
Основна сума статутного капіталу формується за рахунок власних фінансових ресурсів учасників, вкладень інвесторів, замовників.	Можливі додаткові фінансові витрати при зміні конфігурацій, оснащення та купівлі обладнання.
Можливості	Загрози
Прихильність до впровадження нових технологій на ринок.	Зміна політики непрямих конкурентів.
Розширення функціоналу системи	Нестабільна політична та економічна ситуація.
Послаблення позицій конкурентів.	Наявність прямих конкурентів.
Використання новітніх світових технологій та засобів розробки.	Технологічна невідповідність
Залучення висококваліфікованого персоналу.	Не прийняття новизни та запропонованого рішення проекту.
Задоволення запитів споживача: час вибору пропозиції, швидкість пошуку, якість оцінки пропозиції.	
Збільшення прихильності клієнтів, за рахунок налагодженню партнерських зв'язків.	

Проведений SWOT-аналіз показав, що стартап-проект доцільно реалізовувати.

На основі SWOT-аналізу розробляються альтернативи ринкової поведінки (перелік заходів) для виведення стартап-проекту на ринок та орієнтовний оптимальний час їх ринкової реалізації з огляду на потенційні проекти конкурентів, що можуть бути виведені на ринок. Визначені альтернативи аналізуються з точки зору строків та ймовірності отримання ресурсів.

5.3.8 Альтернативи ринкової поведінки

Таблиця 5.13 – Альтернативи ринкової поведінки

Альтернатива ринкової поведінки	Ймовірність отримання ресурсів	Строки реалізації
Запровадження у систему нових технологій кластеризації, класифікації, фільтрації та нових гнучких алгоритмів	Розширення клієнтської бази	Від 6 до 12 місяців
Використання висококваліфікованого персоналу	Підвищення якості продукту та швидкість розробки	Від 2 місяців до 6
Формування позитивного іміджу при задоволенні зростаючого попиту	Розширення клієнтської бази	Від 2 місяців до 6
Орієнтація на різні вподобання користувачів.	Розширення клієнтської бази	Від 6 до 9 місяців
Вихід на нові ринки	Пошук інвесторів Розширення клієнтської бази	Від 1 до 4 місяців

5.3.9 Висновки до аналізу ринкових можливостей запуску стартап-проекту

Є можливість ринкової комерціалізації проекту, наявний попит та рентабельність роботи на ринку;

Є перспективи впровадження з огляду на потенційні групи клієнтів, бар'єри входження, стан конкуренції, конкурентоспроможність проекту;

Доцільною подальша імплементація проекту.

5.4 Розроблення ринкової стратегії

Розроблення ринкової стратегії першим кроком передбачає визначення стратегії охоплення ринку: опис цільових груп потенційних споживачів, які визначені у таб. 5.14.

Таблиця 5.14 – Вибір цільових груп потенційних споживачів

Опис цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживачів сприйняти продукт	Орієнтовний попит в сегменті	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу у сегмент
Орендарі	Потребують	Попит є	Присутня	Помірно
Продавці	Потребують	Попит є, проте нижчий ніж у орендарів	Присутня	Помірно
Орендарі	Потребують	Попит є	Присутня	Помірно
Покупці	Потребують	Попит є, проте нижчий ніж у орендарів	Присутня	Помірно

Які цільові групи обрано: оскільки різниця між цільовими групами зовсім незначна, а також враховуючи той факт, що компанія має бажання почати продажі (а відповідно і отримання прибутку) якомога швидше, то доцільно враховувати усі цільові групи, тобто використовувати масовий маркетинг, пропонуючи стандартизовану програму.

За результатами аналізу потенційних груп споживачів (сегментів) автори ідеї обирають цільові групи, для яких вони пропонуватимуть свій товар, та визначають стратегію охоплення ринку.

Для роботи в обраних сегментах ринку необхідно сформувати базову стратегію розвитку, яка визначається у таб. 5.15. Вибір стратегії конкурентної поведінки визначається у таб. 5.16.

Таблиця 5.15 – Визначення базової стратегії розвитку

Обрана альтернатива розвитку проекту	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкурентоспроможні позиції відповідно до обраної альтернативи	Базова стратегія розвитку
Вихід на нові ринки	Стратегія спеціалізації	Надання товару із варіативністю локалізації	Стратегія диференціації
Розширення клієнтоорієнтованого функціоналу	Стратегія диференціації (допускається стратегія спеціалізації)	Надання товару відмінних якостей, які роблять систему особливою на фоні аналогічних розробок	Стратегія диференціації (допускається стратегія спеціалізації)

Таблиця 5.16 – Визначення базової конкурентної поведінки

Чи є проект «першопроходцем» на ринку	Ні
Чи буде компанія шукати нових споживачів, або забирати існуючих у конкурентів?	Обидва варіанти
Чи буде компанія копіювати основні характеристики товару конкурента, і які?	Так
Стратегія конкурентної поведінки	Стратегія виклику лідера

На основі вимог споживачів з обраних сегментів до постачальника (стартап-компанії) та до продукту, а також в залежності від обраної базової стратегії

розвитку та стратегії конкурентної поведінки розробляється стратегія позиціонування, що полягає у формуванні ринкової позиції (комплексу асоціацій), за яким споживачі мають ідентифікувати торгівельну марку або проект.

Таблиця 5.17 – Визначення стратегії позиціонування

Вимоги до товару цільової аудиторії	Базова стратегія розвитку	Ключові конкурентоспроможні позиції власного стартап-проекту	Вибір асоціацій, які мають сформувати комплексну позицію власного проекту
Доступна ціна, простота і зручність використання, універсальність	Стратегія диференціації	Вирішення важливих поставлених задач швидко, легко та зрозуміло навіть без інструкцій. Легкість і простота у використанні. Доступність через ціну та технічні характеристики	– стандарти якості – метрики ПЗ – ASQAS - automated system of quality assessment software

Результатом є узгоджена система рішень щодо ринкової поведінки стартап-компанії, яка визначатиме напрями роботи стартап-компанії на ринку. Отже, робота стартап-компанії на ринку повинна бути спланована орієнтовано таким чином: за стратегією диференціації виконаний і буде поширюватись товар відмінний за властивостями від своїх аналогів, дотримуючись у конкурентній поведінці стратегії «виклику лідера», тобто випускається один товар для усіх можливих споживачів.

Надалі розроблена трирівнева маркетингова модель товару: уточнюються ідея продукту, його фізичні складові, особливості процесу його надання.

5.5 Розробка маркетингової програми стартап-проекту

Першим кроком є формування маркетингової концепції товару, який отримає споживач. Для цього у таб. 5.18 підсумовані результати попереднього аналізу конкурентоспроможності товару.

Таблиця 5.18 – Визначення ключових переваг концепції потенційного товару

Потреба	Вигода, яку пропонує товар	Ключові переваги перед конкурентами
Система автоматичного керування РП для проходження маршруту	Оптимальність проходження маршруту. Можливо використовувати для транспортування товарів.	Розрахункові показники, точність та достовірність яких можна оцінювати; простота, кількість вхідних параметрів; самостійність програмної системи.

Таблиця 5.19 – Опис трьох рівнів моделі товару

Рівні товару	Сутність та складові
Товар за задумом	Проходження маршруту; Оптимальне проходження ділянок; Зупинка перед перешкодою; Можливість переходу до керування за допомогою датчиків лінії;
Реалізований товар	Проходження маршруту; Оптимальне проходження ділянок; Зупинка перед перешкодою;

За рахунок чого потенційний товар буде захищено від копіювання: від копіювання потенційний товар захистити не складає проблеми. Розроблена математична модель підбору пропозицій, на якій базується програмна система, публікувалась лише у загальних рисах, а без математичної моделі цей ПП лише набір рядків коду. Визначення цінових меж, якими необхідно керуватись при встановленні ціни на потенційний товар, яке передбачає аналіз ціни на товари-

аналоги, а також аналіз рівня доходів цільової групи споживачів описано в таб. 5.20.

Таблиця 5.20 – Визначення меж встановлення ціни

Рівень цін на товари-аналоги (середнє за місяць)	Рівень доходів цільової групи споживачів	Верхня та нижня межі встановлення ціни
6000 грн	40000 грн	4000-8000 грн

Наступним кроком є визначення оптимальної системи збуту, в межах якого приймається рішення (таб. 5.21): проводити збут власними силами або залучати сторонніх посередників, вибір та обґрунтування оптимальної глибини каналу збуту, вибір та обґрунтування виду посередників.

Таблиця 5.21 – Формування системи збуту

Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів	Функції збуту, які має виконувати поставальник товару	Глибина каналу збуту	Оптимальна система збуту
Бажання отримати більше за менші гроші	Залучення клієнтської бази та продаж	Нульовий рівень: тільки виробник	Вертикальна маркетингова система

Останньою складовою маркетингової програми є розроблення концепції маркетингових комунікацій, що спирається на попередньо обрану основу для позиціонування, визначену специфіку поведінки клієнтів (таб. 5.22).

Таблиця 5.22 – Формування системи збуту

Поведінка цільових клієнтів	Канали комунікацій цільових клієнтів	Ключові позиції, обрані для позиціонування	Завдання рекламного повідомлення
Бажання отримати більше за менші гроші	Будь-які, але бажано з великою	Низька ціна Широкий вибір функціоналу	Донести до користувача суть про-

	кількістю візуального контенту	Легкий і простий у використанні продукт	дукту, його якість, та залучити якомога більше зацікавлених клієнтів
--	--------------------------------	---	--

5.6 Економічне обґрунтування розробки

У даному підрозділі наведено економічне обґрунтування створення даного проекту: загальні витрати на розробку, супровідні витрати, можливі джерела інвестицій, строки та умови повернення займаних коштів. З метою реалізації проекту організовується ФОП, форма оподаткування ЄСВ, ставка 6%, об'єкт оподаткування - «доходи мінус витрати». Процес реалізації можна розбити на два етапи: підготовчий і операційний. До підготовчого відноситься підбір персоналу, організація робочих місць, проплата ліцензій на програмне забезпечення.

Таблиця 5.23 – Формування системи збуту

Позиція	Необхідний срок задіяності на проєкті	Заробітна плата(\$\міс)
Архітектор\ Проектний менеджер	8 місяців	2000
Розробник клієнтської частини	6 місяців	1400
Розробник серверної частини	6 місяців	1800
Тестувальник	4 місяці	350
Маркетолог	8 місяців	500
Всього:	8 місяців	40 600

Із таб. 5.23 бачимо, що загальний час на розробку – 8 місяців, з яких 2 перших місяці займатиме планування архітектури та розробка маркетинг-плану

продукту. Із 3го місяця починається розробка програмного продукту. Із 5го місяця запланований початок тестування. Далі наведена таблиця із супровідними витратами, необхідними на час розробки проекту.

Таблиця 5.24 – Супровідні витрати

Позиція	Необхідний строк задіяності на проєкті	Вартість
Оренда приміщення	8 місяців	3200
Оренда офісних меблів	8 місяців	1600
Програмне забезпечення	8 місяців	2000
Офісне приладдя	-	300
Логістика	8 місяців	600
Реклама та просування	-	12 000
Форс-мажорні витрати	8 місяців	2000
Всього:	8 місяців	21 700

Маючи інформацію про необхідні матеріальні та нематеріальні активи, а також про очікувані річні обсяги збуту створеного продукту із таблиці 5.24, отримуємо наступні дані Обсяг інвестиційних витрат – 70 300 у.о., з яких власні кошти ініціатора проєкту – 10 000 у.о. Нестачу коштів планується покрити за допомогою залучення банківського кредиту на термін 48 місяців зі ставкою 14% річних. Кредитні канікули три місяці.

Висновки до розділу

Отже, ринкова (маркетингова) програма орієнтовано має бути побудована таким чином:

- розробка продукту;
- вибір сегменту ринку та пошук клієнтів;
- стратегія розвитку - стратегія розподіленості, тобто формування конкурентоспроможності досягається шляхом надання споживачу товару, якого

той потребує. На основі детального вивчення середовища споживання розробляється одна або декілька особливих характеристик власного товару;

- стратегія конкурентної поведінки – стратегія виклику лідера, тобто на споживчому ринку націлюватись на всіх можливих споживачів, у тому числі клієнтів фірм-конкурентів. Така стратегія будується за принципом «йти слідом» за лідером ринку. За наступні цілі ставиться можливість обійти лідерів цільового сегменту.

Стан та динаміка ринкового середовища на сьогоднішній день і ще багато років є і будуть залишатись сприятливими для впровадження розробленої системи, а також для її необхідності.

Конкурентні переваги створеного продукту очевидні. На вітчизняному ринку аналогів майже не існує, а існуючі – вкрай низької якості. На міжнародному ринку конкуренція наявна та буде рости, якщо не підтримувати та не розвивати свій продукт.

Також, після проведення аналізів можливого цільового сегменту (споживачів), потреб споживачів та можливого попиту, динаміки ринку та рентабельності роботи на ринку, можна однозначно зробити висновок, що створений проєкт доцільний до комерціалізації.

Перспективи впровадження з огляду на потенційні групи клієнтів, бар'єри входження, стан конкуренції та конкурентоспроможності проєкту – прямі, і тільки доводять можливість впровадження, та не марну розробку створеного продукту.

ВИСНОВКИ

У даній магістерській роботі розглянуто методи проходження маршрутів роботизованою платформою, аналізовано систему на основі одного з методів, визначено конфігурацію роботизованої платформи, а також середовища програмування Arduino IDE. Завдяки цьому досягнуті такі результати :

- Створено алгоритми проходження ділянок маршруту
- Створено алгоритми допоміжних функцій
- Написано відповідний програмний код
- Створено систему керування рухом роботизованої платформи на базі розроблених алгоритмів

Данну систему можна використовувати в загальних ситуаціях, а також видозмінювати та дороблювати, в залежності від конфігурацій РП, а також задач, які стоять перед користувачем.

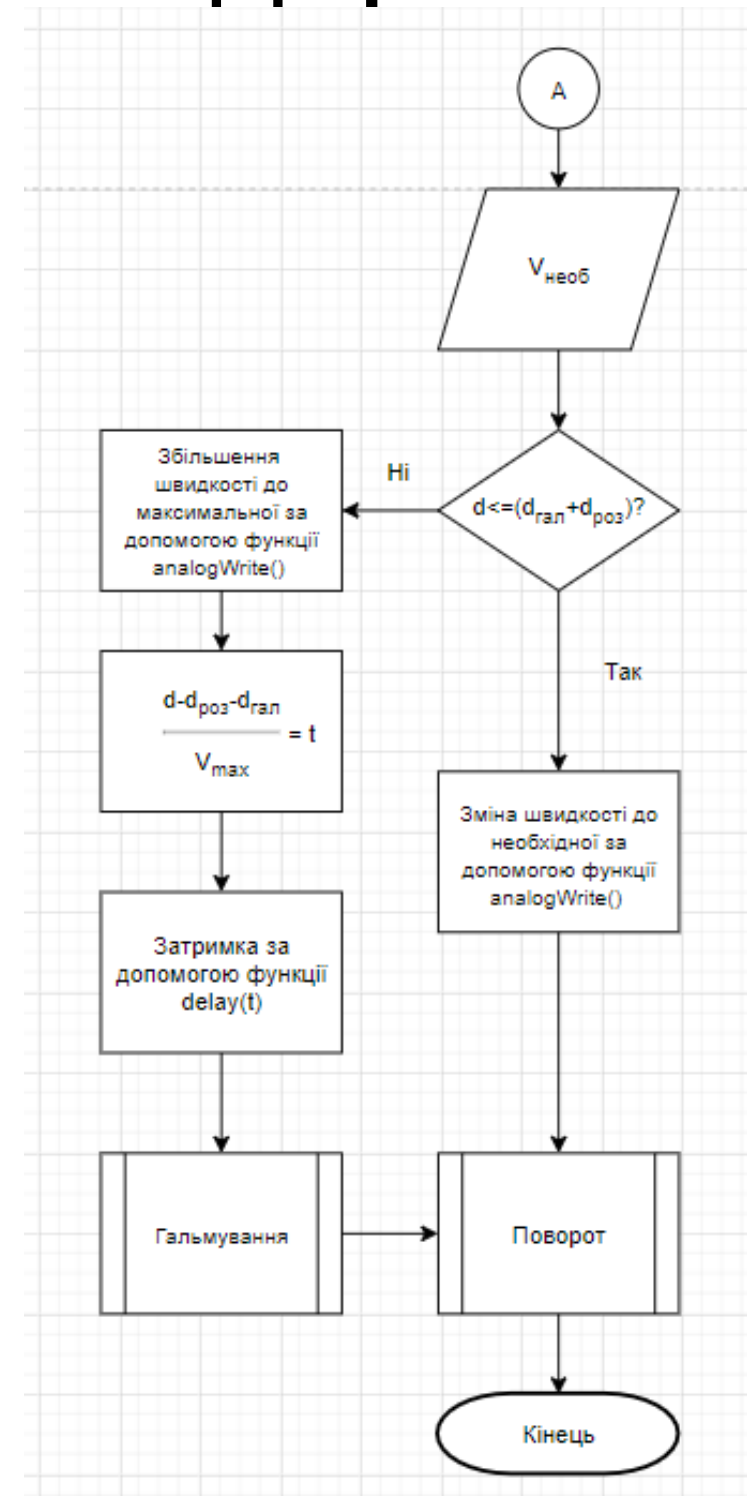
Крім того було розглянуто стартап на основі розробленої системи керування, де вона була у ролі розроблюваного продукту, який можна продавати користувачам. В ході цього розглянуті сильні та слабкі сторони продукту, різниця з конкурентами, фактори загроз та можливостей, можлива категорія покупців, стратегія розвитку, а також витрати на запровадження виробництва та продажу відповідного продукту.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Роботы. Большая энциклпедия / - «Эксмо», 2017. – 144с.
2. Авотин Е. В., Епишин К. В. Подвижность автономного транспортного робота / Е. В. Авотин, К. В. Кпишин // Инноватика и экспертиза. – 2013. – Выпуск 2(11). – с. 67-72
3. Петин В. Проекты с использованием контроллера Arduino / В. Петин // «БХВ-Петербург». – 2014. – с. 3 – 27
4. Собираем роботов–самочодов на Arduino. [Електронний ресурс]. Режим доступу : <https://xakep.ru/2014/10/30/robots-arduino/> – Дата доступу : 30.10.2014.
5. Ускорение и торможение движения робота. [Електронний ресурс]. Режим доступу : <https://uchiurok.ru/blog/arduino/kejsy-zadaniy-dlya-izucheniya/uskorenie-i-tormozhenie-dvizheniya-robota.html> – Дата доступу : 01.06.2017
6. Критическая скорость по боковому скольжению (заносу). [Електронний ресурс]. Режим доступу : <https://studfile.net/preview/2903986/page:2/> – Дата доступу : 10. 04. 2015

ДОДАТКИ

Алгоритм оптимального проходження рівної дороги



Демонстраційний плакат №1
до магістерської дисертації на тему
«Підсистема визначення оптимальної швидкості руху роботизованої
платформи по заданому маршруту»

Розробив: Ніконов О.І.

Прийняв: старший викладач Анікін В.К.

Алгоритм оптимального проходження повороту

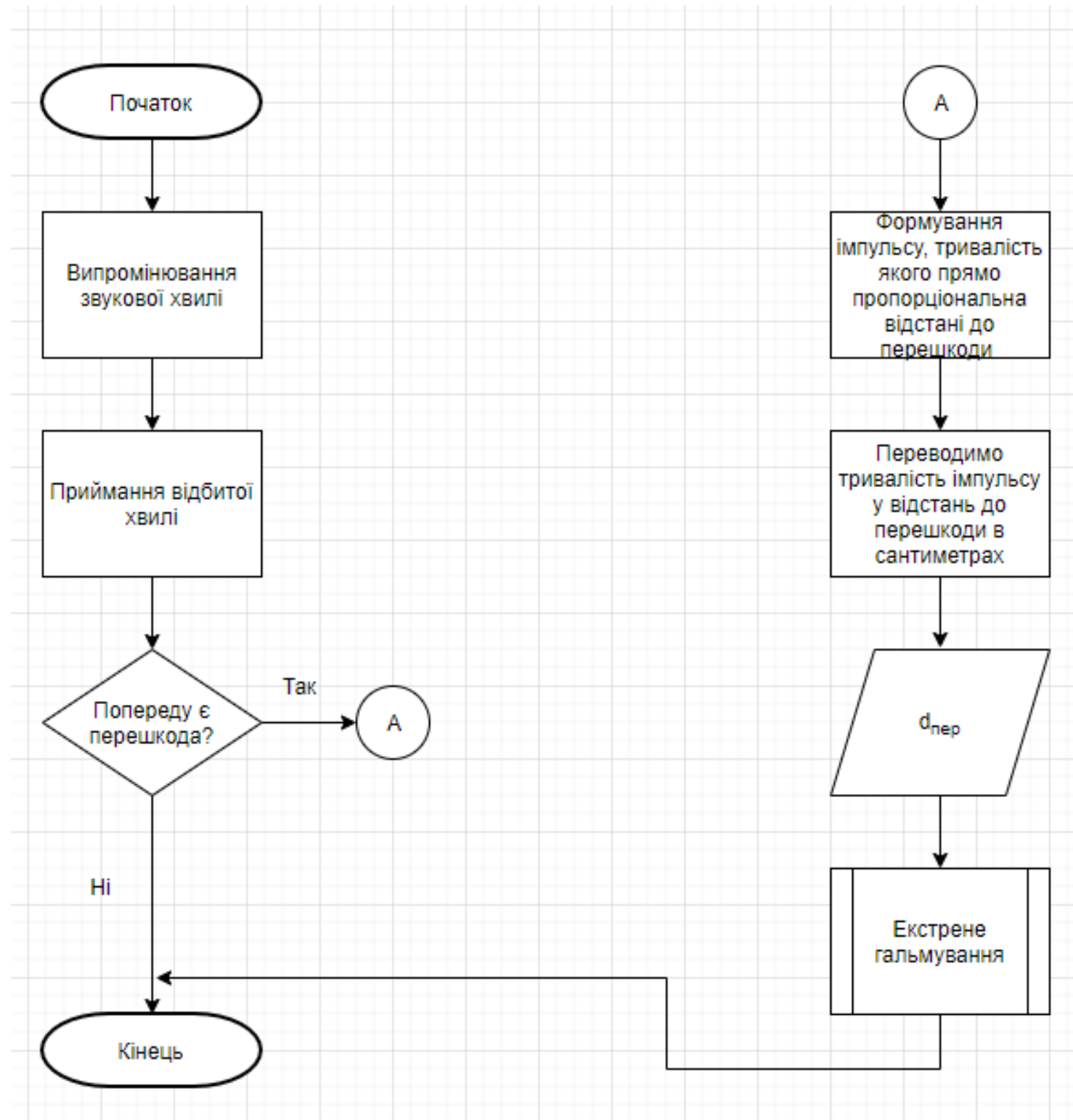


Демонстраційний плакат №2
до магістерської дисертації на тему
«Підсистема визначення оптимальної швидкості руху роботизованої
платформи по заданому маршруту»

Розробив: Ніконов О.І.

Прийняв: старший викладач Анікін В.К.

Алгоритм функції Перешкода

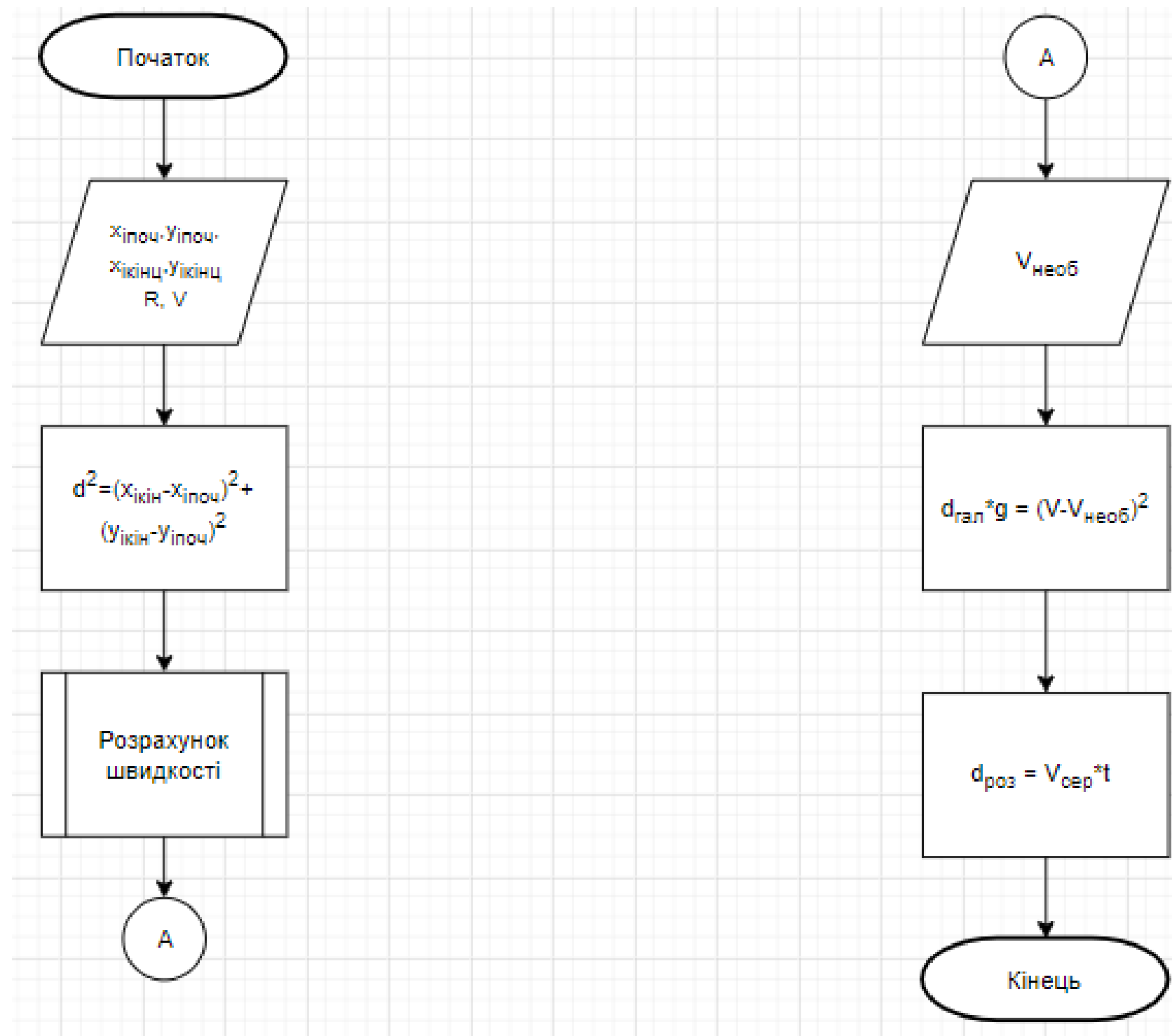


Демонстраційний плакат №3
до магістерської дисертації на тему
«Підсистема визначення оптимальної швидкості руху роботизованої
платформи по заданому маршруту»

Розробив: Ніконов О.І.

Прийняв: старший викладач Анікін В.К.

Алгоритм функції Розрахунок відстані

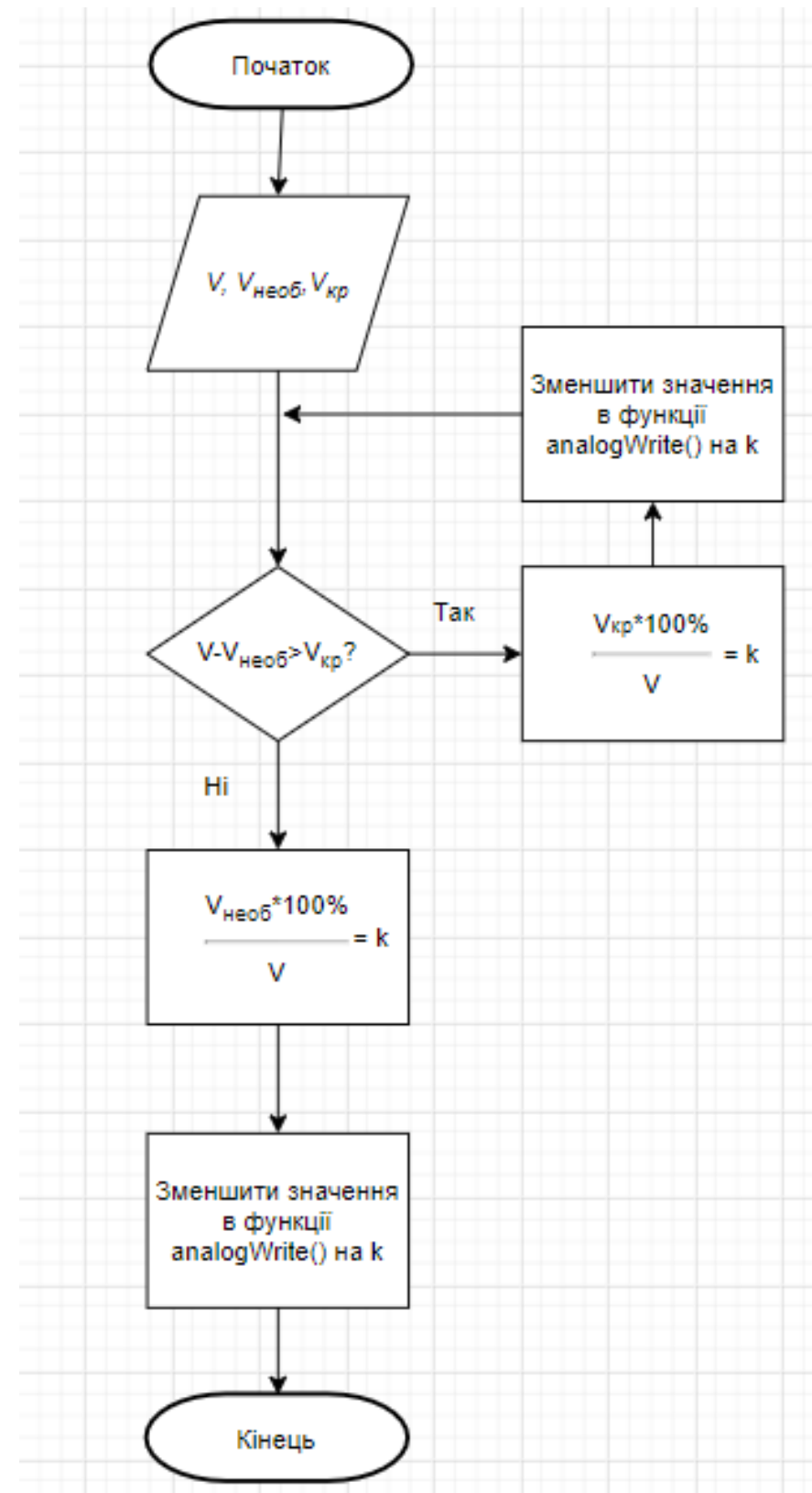


Демонстраційний плакат №4
до магістерської дисертації на тему
«Підсистема визначення оптимальної швидкості руху роботизованої
платформи по заданому маршруту»

Розробив: Ніконов О.І.

Прийняв: старший викладач Анікін В.К.

Алгоритм функції Гальмування



Демонстраційний плакат №5
до магістерської дисертації на тему
«Підсистема визначення оптимальної швидкості руху роботизованої
платформи по заданому маршруту»

Розробив: Ніконов О.І.

Прийняв: старший викладач Анікін В.К.

Структура системи



Демонстраційний плакат №6
до магістерської дисертації на тему
«Підсистема визначення оптимальної швидкості руху роботизованої
платформи по заданому маршруту»

Розробив: Ніконов О.І.

Прийняв: старший викладач Анікін В.К.